ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

VOLUMES PARUS AU 15 AVRIL 1896

La doctrine de Malherbe d'après son commentaire sur Desportes, par Ferdinand Brunot, docteur ès lettres, ancien élève de l'Ecole normale supérieure, chargé d'un Cours complémentaire à la Faculté des Lettres, lauréat de l'Académie française, avec 5 planches hors texte. . . . . 10 fr.

Recherches anatomiques et expérimentales sur la métamorphose des Amphibiens anoures, par E. Bataillon, préparateur de Zoologie à la Faculté des Sciences, avec 6 pl. hors texte. 4 fr.

Anatomie et Physiologie comparées de la Pholade dactyle. Structure, locomotion, tact, olfaction, gustation, action dermatoptique, photogénie, avec une théorie générale des sensations, par le Dr Raphaël Dubois, professeur de Physiologie générale et comparée à la Faculté, avec 68 figures dans le texte et 15 planches hors texte . . . . . 18 fr.

Sur le pneumogastrique des oiseaux, par E. Couvreur, docteur ès sciences, chef des travaux de physiologie à la Faculté des sciences, avec 3 planches hors texte et graphiques dans le texte. . . . 4 fr.

Recherches sur la valeur morphologique des appendices superstaminaux de la fleur des Aristoloches. par Mlle A. Mayoux, élève de la Faculté des Sciences, avec 3 planches hors texte. . . . 4 fr.

Sur la théorie des équations différentielles du premier ordre et du premier degré, par Léon Autonne, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Docteur ès sciences mathématiques . . . . . 9 fr.

Recherches sur l'équation personnelle dans les observations astronomiques de passages, par F. Gonnessiat, Aide-Astronome à l'Observatoire, chargé d'un Cours complémentaire d'Astronomie à la Faculté des Sciences . . . . . 5 fr.

Lettres intimes de J.-M. Alberoni adressées au comte I. Rocca, ministre des finances du duc de Parme, et publiées d'après le manuscrit du collège de S. Lazaro Alberoni, par Emile Bourgeois, professeur à la Faculté des Lettres, avec un portrait et deux fac-similé. . 10 fr.

Le Fondateur de Lyon, Histoire de L. Munatius Plancus, par M. Jullien, professeur-adjoint à la Faculté des Lettres, avec 1 planche hors texte . . . . 5 fr.

Etude stratigraphique sur le Jurassique inférieur du Jura méridional, par Attale Riche, docteur ès sciences, avec planches hors texte. . . . . 12 fr.

Etude expérimentale sur les propriétés attribuées à la tuberculine de M. Koch, faite au laboratoire de médecine expérimentale et comparée de la Faculté de Lyon, par M. le professeur Arloing, M. le Dr Rodet, agrégé, et M. le Dr Courmont, avec planches en couleurs. 10 fr.

Histologie comparée des Ebénacées dans ses rapports avec la Morphologie et l'histoire généalogique de ces plantes, par Paul Parmentier, professeur de l'Université, avec 4 pl. hors texte. 4 fr.

Recherches sur la production et la localisation du Tannin chez les fruits comestibles fournis par la famille des Pomacées, par Mlle A. Mayoux, élève de la Faculté des Sciences de Lyon, avec 2 planches . . . . . 3 fr.

Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine, par Arthur Hannequin, chargé d'un Cours complémentaire de philosophie à la Faculté des lettres de Lyon. . 7 fr. 50

Saint Ambroise et la morale chrétienne au IVe siècle, par Raymond Thamin, ancien élève de l'Ecole normale supérieure, ancien maître de conférences à la Faculté des lettres de Lyon, professeur de philosophie au lycée Condorcet. 7 fr. 50

Etude sur le Bilharzia hæmatobia et la Bilharziose, par M. Lortet, doyen de la Faculté de médecine de Lyon, et Vialleton, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, avec planches et figures dans le texte. . . . . 10 fr.

Recherches sur quelques dérivés surchlorés du phénol et du benzène, par Etienne Barral, docteur en médecine, pharmacien de 1re classe, chargé des fonctions d'agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. . . . . 5 fr.

Phonétique historique et comparée du sanscrit et du zend, par Paul Regnaud, professeur de sanscrit et de grammaire comparée à la Faculté des lettres de Lyon . . . . . 5 fr.

La République des Provinces-Unies, la France et les Pays-Bas espagnols de 1630 à 1650, par A. Waddington, professeur-adjoint à la Faculté des lettres de Lyon. Tome I (1630-42.) . . . 6 fr.

Sur la représentation des courbes gauches algébriques, par Léon Autonne, ingénieur des ponts et chaussées, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Lyon . . . . . 3 fr.

Histoire de la Compensation en droit Romain, par C. Appleton, professeur à la Faculté de Lyon . . . . . 7 fr. 50

La Jeunesse de William Wordsworth (1770-1798). Etude sur le « Prélude », par Emile Legouis, maître de conférences à la Faculté des Lettres de Lyon.

La Botanique à Lyon avant la Révolution et l'histoire du Jardin Botanique municipal de cette ville, par M. Gérard, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, avec figures dans le texte.

Paris. — Imprimerie L. Maretheux, 1, rue Cassette. — 7651.

898.

10 OCT. 96

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON XXV.

ÉTUDE SUR LE MÉCANISME

DE LA THERMOGENÈSE ET DU SOMMEIL

CHEZ LES MAMMIFÈRES

MUSEUM

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

DE

LA MARMOTTE

PAR

RAPHAËL DUBOIS

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE ET COMPARÉE
A L'UNIVERSITÉ DE LYON

Avec 119 figures et 125 planches hors texte.

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1896

338

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

ÉTUDE SUR LE MÉCANISME
DE LA THERMOGENÈSE ET DU SOMMEIL
CHEZ LES MAMMIFÈRES

PHYSIOLOGIE COMPARÉE
DE LA MARMOTTE

XXV. — Juin 1896.

Lyon. — Imp. Pitrat Aîné, A. REY Succ., 4, rue Gentil. — 11936

10 OCT. 96

Lyon. — K

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

ÉTUDE SUR LE MÉCANISME DE LA THERMOGENÈSE ET DU SOMMEIL CHEZ LES MAMMIFÈRES

PHYSIOLOGIE COMPARÉE DE LA MARMOTTE

PAR

RAPHAËL DUBOIS

Professeur de Physiologie générale et comparée à l'Université de Lyon.

Avec 119 figures et 125 planches hors texte.

PARIS

MASSON ET Cie, EDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain.

1896

INTRODUCTION

En poursuivant pendant plusieurs années mes recherches comparatives sur les Mammifères hivernants, j'ai pensé que je contribuerais plus activement à la solution du double problème du sommeil naturel et de la calorification animale qu'en expérimentant sur les animaux ordinaires de laboratoire. Chez ces derniers, le sommeil est fugace, léger et les variations thermiques normales ou expérimentales, bien souvent, ne dépassent pas quelques dixièmes de degré.

Au contraire, en hiver, les Marmottes restent plongées dans un sommeil profond pendant des semaines; elles s'endorment lentement, se réveillent de même, et l'on suit alors aisément, pas à pas, le développement régulier de toutes les phases de ce curieux phénomène.

Les variations normales ou autres de la température atteignant, chez la Marmotte, jusqu'à 30 degrés centigrades et plus, on pourra comparer, par exemple, le fonctionnement physio-

logique de deux individus, dont l'un aura une température centrale de + 5 à 6 degrés et l'autre de + 30 à 35 degrés.

Les expériences faites sur la Marmotte sont faciles à répéter comparativement sur un Rongeur vulgaire très proche parent : le Lapin. Mais, la Marmotte est plus robuste que ce dernier et présente encore d'autres avantages. En effet, elle supporte, dans la saison d'hivernation, cinq à six mois de jeûne absolu et ininterrompu : alors, les phénomènes normaux ou provoqués ne sont plus troublés par l'alimentation.

Enfin, dans l'état de torpeur profonde, l'expérimentateur peut exécuter les opérations les plus délicates sur un animal devenu insensible et immobile, sans le secours des procédés d'anesthésie artificielle ou de contention par les poisons ; ceci est particulièrement important quand on se propose d'étudier soit la thermogénèse, soit le sommeil, ou mieux encore simultanément ces deux phénomènes si étroitement unis l'un à l'autre, comme je l'ai montré.

Dans cet ouvrage, je me suis appliqué à réduire autant que possible le texte, et surtout à remplacer les fastidieuses colonnes de chiffres des températures par des graphiques d'une lecture rapide et facile. Ceux-ci n'ont pu être établis qu'à l'aide de nombreuses heures de patientes observations et, à ce propos, je prie mes élèves MM. Couvreur et Jardon de recevoir tous mes remerciements pour le concours si consciencieux et si dévoué qu'ils m'ont prêté pendant ces longues recherches.

Celles-ci étaient indiquées principalement pour les trois raisons suivantes :

La première est, en ce qui concerne le mécanisme du sommeil, que, si la science est encombrée d'une foule d'hypothèses plus ou moins ingénieuses, les faits expérimentaux font presque

complètement défaut. Les seules notions scientifiques que nous possédons se réduisent à quelques rares et insuffisantes observations empruntées à la pathologie.

En second lieu, si les connaissances exactes relatives à la thermogénèse, fournies par l'expérimentation et l'observation sont extrêmement nombreuses, elles ne sont pas ordinairement rattachées les unes aux autres par des vues d'ensemble. La plus grande partie de l'histoire de la calorification animale se compose de faits souvent incohérents et parfois contradictoires, au moins en apparence. Il est, en outre, manifeste que depuis longtemps l'attention des expérimentateurs et des observateurs n'a porté que sur des points spéciaux, et particulièrement difficiles à élucider au moyen de nos animaux domestiques. Cependant, pour l'étude de la calorification animale, plus que pour toute autre question physiologique, c'est la relation des faits entre eux qu'il importe surtout d'établir.

On ne saurait objecter que les Marmottes sont des Mammifères qui sortent de la loi commune : seulement chez ces animaux, certains phénomènes sont exagérés par adaptation, et ce qui le prouve, c'est que ces rongeurs cessent d'hiverner en état de domesticité.

D'ailleurs, l'exactitude de certains faits capitaux pour la thermogénèse et découverts chez nos Marmottes, particulièrement ceux qui sont relatifs aux relations du système nerveux, de la circulation et des fonctions du foie, a été contrôlée par des recherches récentes sur d'autres animaux, comme le Chien. Je citerai, à ce propos, les intéressants travaux publiés dans ces temps derniers par M. Kaufmann, professeur à l'école vétérinaire d'Alfort.

Enfin, il suffira de parcourir la revue des publications anté-

rieures sur l'hivernation des Mammifères, que nous avons rejetée à la fin de ce volume sous forme d'appendice historique, pour demeurer convaincu qu'aucune analyse physiologique, suffisamment complète, n'existait avant celle-ci. Je ne crois pas nécessaire de rééditer ici les justes critiques adressées jadis à l'œuvre de Valentin, qui seule pourrait sembler présenter un caractère général, si l'on se contentait d'un examen superficiel.

Certainement, je ne me dissimule pas que beaucoup de points restent à élucider, et que quelques autres ont besoin d'être contrôlés par des expériences nouvelles, la question de la calorification animale touchant aux problèmes les plus difficiles et les plus obscurs de la nutrition. Mais, j'espère que l'examen des nombreux documents, graphiques ou autres, publiés dans cet ouvrage, prouvera l'importance des progrès réalisés par l'acquisition de faits suffisamment coordonnés et scientifiquement établis.

ÉTUDE

SUR LE

MÉCANISME DE LA THERMOGENÈSE ET DU SOMMEIL

CHEZ LES MAMMIFÈRES

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

DE LA MARMOTTE

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS SUR LES MAMMIFÈRES HIVERNANTS

Dans nos climats, les êtres vivants n'hivernant pas constituent l'exception et l'hivernation est la règle. Ainsi, les végétaux qui ne tombent pas en état de torpeur profonde, de vie latente, ne sont représentés que par les Arbres résineux, de rares Arbustes, quelques Herbes, et encore chez tous l'activité vitale est-elle singulièrement ralentie par le défaut de calorique. Tous les animaux inférieurs et les Vertébrés à *sang froid*, sauf quelques Poissons s'agitant au fond des eaux qui ne gèlent pas, en un mot tous les organismes ne produisant que peu de chaleur sommeillent pendant l'hiver. Sans

les Oiseaux, dont la température est toujours élevée, et les Mammifères non hivernants, la Nature entière paraîtrait inanimée, immobilisée, insensibilisée, comme anesthésiée et endormie par les frimas.

Les Mammifères hivernants se distinguent des autres animaux qui tombent, pendant l'hiver, en état de torpeur : Reptiles, Batraciens, Lacertiens, Poissons, Mollusques, Crustacés, Insectes et Invertébrés de toutes sortes, parce qu'ils n'hivernent plus dès que la température ambiante s'abaisse vers zéro degré centigrade. Les limites les plus favorables pour la production de la torpeur hivernale des Mammifères sont situées entre + 10 et + 5 degrés. Lorsque le froid devient un peu vif, vers 0 degré et au-dessous, les Marmottes, par exemple, sortent spontanément de leur torpeur, tandis que les hivernants végétaux et animaux non Mammifères s'y enfoncent de plus en plus, sans qu'on voie se produire aucune réaction de réveil.

En outre, le sommeil du Mammifère hivernant n'est pas ininterrompu pendant toute la saison froide : de temps à autre, il se réchauffe et se réveille automatiquement ; puis, après s'être débarrassé des déchets de la nutrition, accumulés dans la vessie, dans le rectum et dans le sang, il se rendort et se refroidit, non sans avoir parfois consommé quelques provisions emmagasinées dans sa retraite pendant la belle saison : mais, d'autres fois, il ne prend aucun aliment solide ou liquide pendant tout l'hiver.

Entre les Mammifères ordinaires et ceux qui hivernent, il n'y a pas de transition brusque, mais seulement des degrés différents dans le sommeil. Il existe, en effet, toute une catégorie que l'on désigne sous le nom de faux hivernants : ceux-ci, au point de vue physiologique qui nous occupe, peuvent servir de passage entre la Marmotte et l'Homme.

Les Ours et les Blaireaux se retirent dans des retraites qu'ils ont préparées à l'approche de l'hiver et peuvent rester inactifs, assoupis, pendant des jours entiers sans cependant tomber jamais, comme la Marmotte, dans une torpeur pen-

dant laquelle la température du corps n'est plus que de quelques dixièmes de degrés supérieure à celle du milieu. Ils se roulent en boule comme les vrais hivernants et beaucoup d'autres quadrupèdes d'ailleurs, pour offrir le moins de prise possible au refroidissement et vivent, en grande partie, de la graisse accumulée dans leur tissu adipeux pendant l'automne. Mais ils conservent toujours une température propre, assez élevée pour que le sommeil reste léger et qu'il leur soit permis de retrouver rapidement leur activité en cas de danger. En Russie, les Ours se laissent ensevelir dans la neige, et le chasseur ne reconnaît leur présence qu'à la vapeur d'eau qui s'échappe en assez grande abondance du trou par où ils respirent. Ce fait semble indiquer qu'ils conservent toujours une notable activité respiratoire. Il est très probable que les Ours blancs n'ont pas le sommeil plus profond dans une saison que dans une autre.

Les Écureuils se comportent à peu près comme les animaux dont il vient d'être question, sauf qu'ils accumulent des provisions dans leur retraite.

C'est à tort également que l'on a rangé le Castor parmi les véritables hivernants.

Ces derniers se rencontrent exclusivement chez les Insectivores, les Chiroptères et les Rongeurs.

Parmi les Insectivores, ils sont confinés dans la petite famille des Erinacéidés, qui contient le *Hérisson d'Europe* (Erinaceus europæus).

Cette espèce est représentée par deux variétés, le Hérisson Chien et le Hérisson Porc : elles ne diffèrent que par la forme de la tête et particulièrement du museau : le Hérisson Porc est plus gros que le Hérisson Chien.

A l'entrée de l'hiver, le Hérisson se réfugie dans la demeure qu'il s'est préparée sous les branchages et les feuilles sèches, jusqu'en mars. Ceux que l'on garde en captivité ont des périodes de sommeil hivernal de quatre à cinq jours, pendant lesquelles leur température centrale peut s'abaisser jusqu'à

+ 4 ou + 5 degrés. Ils se réveillent plus facilement et plus rapidement que les Marmottes et prennent de la nourriture dans l'intervalle de leurs phases de sommeil. Ils disparaissent des forêts quand la température s'abaisse vers + 2°,5 à + 3°,5 centigrades, pour reparaître dès qu'elle atteint + 15 ou + 17 degrés. Ils se prêtent bien à certaines expériences, je m'en suis servi plusieurs fois, mais ils sont, dans certains cas, difficiles à manier en raison de la résistance des muscles peauciers, qui leur permet de rester roulés en boule avec leurs piquants redressés. On peut couper ceux-ci pour éviter les piqûres souvent venimeuses et dérouler l'animal en lui jetant de l'eau, ou mieux encore en lui soufflant de la fumée de tabac qui l'impressionne désagréablement : il se redresse, lève le museau, marche en chancelant jusqu'à ce que l'air frais l'ait remis. On en devient alors facilement maître.

Le Hérisson de Sibérie, d'Asie, de Tartarie ou encore *Hérisson Oreillard* (Erinaceus auritus) paraît avoir les mêmes mœurs que le nôtre.

Les *Tanrecs* ou *Hérissons soyeux* constituent une forme de transition entre le Hérisson et la Musaraigne. Ils habitent Madagascar, et de juin en novembre se retirent dans des terriers, où ils tombent dans un sommeil léthargique. Les indigènes prétendent que ce sont les coups de tonnerre du printemps qui les réveillent.

Toutes les Chauves-Souris, ou Chiroptères de nos climats, s'endorment pendant l'hiver d'un sommeil léthargique plus ou moins profond.

« Chaque espèce, dit Brehm, cherche dans les grottes, les caves, sous les toits, contre les poutres qui sont au voisinage des cheminées, un abri près des intempéries des saisons. On trouve fréquemment ces animaux agglomérés par centaines et suspendus par les pattes de derrière. Ces agglomérations sont souvent formées d'espèces voisines et vivant en bonne intelligence. Les espèces qui se font ordinairement la guerre hivernent rarement ensemble. »

La température du sang, qui est normalement chez les Chiroptères de + 30°9, d'après l'auteur cité plus haut, descend souvent jusqu'à + 5 centigrades et même jusqu'à + 1,2. Dans ces circonstances, ces animaux tombent dans une espèce de torpeur et s'engourdissent. Mais, si le sang est menacé de congélation, ils s'éveillent et se donnent du mouvement. Aussi longtemps que le froid persiste, les Chauves-Souris restent suspendues et immobiles; par les chaudes journées d'hiver elles remuent, quelques espèces volent même pendant cette saison, lorsque le temps est au dégel. Quand elles commencent à s'éveiller, la température de leur sang s'élève plus vite que celle de l'air ambiant. L'état de torpeur varie avec la rigueur de la saison et n'est pas le même chez les divers Chiroptères. Quelques-uns seulement dorment d'une manière continue ; les grandes espèces plus longtemps que les petites. L'époque de l'apparition des Chauves-Souris, au printemps, varie considérablement; celles de petite taille se montrent les premières.

Une étude plus minutieuse de la Chauve-Souris au point de vue de l'hivernation, dans l'état de nature, me paraît indiquée.

Les véritables hivernants, dont il reste à nous occuper, sont tous des Rongeurs.

Le *Polatouche* de Sibérie (Sciuropterus sibericus) s'endort à l'entrée de l'hiver, d'un sommeil profond que l'on croit ininterrompu, ce qui aurait besoin d'être vérifié : les jours où la température est un peu douce, il court pendant quelques heures pour chercher sa nourriture.

Le *Tamias strié* ou *Ecureuil terrestre rayé de Sibérie* se retire dans les terriers peu profonds où il a amassé des provisions. Il y dort, mais non d'un sommeil continu ; sa torpeur n'est que superficielle. Audubon ayant ouvert un de ces terriers, en janvier, y trouva trois individus dans des herbes sèches, les autres paraissaient s'être enfuis dans les couloirs : ces trois Tamias le mordirent quand il voulut les prendre. Il

convient, d'après cela, de ranger plutôt ces animaux parmi les faux hivernants.

La Marmotte se rapproche un peu anatomiquement des Tamias, bien que les *Arctomydés* ou *Marmottes* n'aient à peu près rien de commun avec les *Sciuridés*. Brehm en fait une famille à part, dont les espèces diffèrent de celle des Écureuils par leur queue courte, leurs membres à peu près égaux et surtout par leur genre de vie.

On les rencontre dans l'Europe centrale, l'Asie septentrionale et le nord de l'Amérique, où elles sont représentées par un certain nombre d'espèces.

La plupart habitent les plaines : quelques-unes se trouvent dans les montagnes. Les endroits secs, argileux, sablonneux ou pierreux et les vastes prairies, les steppes, les champs et même les jardins sont les localités qu'elles préfèrent. La Marmotte des Alpes seule, celle qui a servi à nos expériences, se plaît mieux dans les pâturages élevés, au-dessus de la limite des arbres, ou dans les gorges rocheuses comprises entre cette limite et celle des neiges éternelles. Toutes ont une demeure fixe et n'émigrent pas; elles se creusent des terriers profonds et vivent en sociétés, souvent très nombreuses. Beaucoup ont plusieurs terriers, qu'elles habitent successivement suivant les saisons ; les autres restent toute l'année dans la même habitation ; mais, en général, elles ont une demeure d'été et une d'hiver.

Les Arctomydés sont diurnes, vifs, agiles, mais moins que les Écureuils : quelques-uns sont même lourds, et tous malhabiles à grimper et à nager. Ils se nourrissent d'herbes, de nouvelles pousses, de jeunes plantes, de graines, de bois, de fruits, de racines, de tubercules, de bulbes. Ils ne dédaignent pas à l'occasion la nourriture animale, mangent des Insectes, de petits Mammifères, des Oiseaux, dont ils pillent les nids et vont même jusqu'à se dévorer entre eux, ne laissant que la peau de leur victime, ainsi que j'ai pu le constater chez des Marmottes qui m'avaient été expédiées des Hautes-Alpes à

Lyon, à l'entrée de l'hiver, et qui n'étaient pas encore en état d'hivernation.

Pour manger, ils s'asseyent sur leur derrière comme les Écureuils, et portent les aliments à la bouche avec leurs pattes de devant. « Lorsque les fruits sont mûrs, dit Brehm, ils commencent à amasser des provisions et suivant les localités, emplissent divers compartiments de leurs terriers, l'un d'herbes, l'autre de feuilles, de graines, de fruits, etc. » Ces habitudes de prévoyance ne paraissent pas nécessaires et ne sont certainement pas adoptées par tous les Arctomydés.

Ils sont intelligents, faciles à domestiquer et à dresser ; à l'état domestique, ils perdent complètement l'habitude d'hiverner qui ne leur est plus nécessaire.

A l'entrée de l'hiver, tous se réfugient dans des terriers profonds où ils tombent en torpeur.

Cette famille comprend trois genres : les *Spermophiles*, les *Cynomys* et les *Marmottes* proprement dites.

Les *Spermophiles* ou *Ziesels* forment une transition entre les Tamias et les Marmottes. Ce genre renferme diverses espèces qui vivent toutes dans l'hémisphère sud. Elles habitent dans des plaines ouvertes et buissonneuses ; les unes en société les autres isolées, dans des terriers.

Tous les Spermophiles se nourrissent de graines, de baies, d'herbes tendres, de racines, même de petits Rongeurs et de petits Oiseaux.

Le *Spermophile Souslik* (Spermophilus citillus) a été parfois utilisé par les expérimentateurs. Le mot *Souslik* ou *Suslik* est d'origine russe, mais les Polonais en ont fait *Susel*, les Bohémiens *Sisel* et les Allemands *Ziesel*. Les Anciens appelaient ce rongeur *Souris-du-Pont* ou *Simor*. Brisson le nommait *Lapin d'Allemagne*. C'est le *Mus citillus* de Pallas.

Ce Spermophile est un joli animal de la taille d'un autre hivernant, le Hamster, mais avec le corps plus allongé. Il a de 20 à 25 centimètres de long, 7 centimètres de haut, et la queue mesure 8 centimètres. Il pèse à peu près un demi-kilogramme.

Il paraît originaire de l'Asie et marche de l'est vers l'ouest : il a déjà occupé une partie de l'est de la Silésie, où il était inconnu dans la première moitié de ce siècle.

On le rencontre dans la Russie méridionale et centrale, dans la Galicie, la Silésie, la Hongrie, la Styrie, la Bohême, la Moravie, la Carinthie, la Carniole, la Sibérie centrale et les provinces russes des bords de la mer Noire.

Ces animaux creusent des terriers compliqués, dans lesquels se trouvent des magasins qu'ils remplissent de provisions, et des chambres de repos pour le sommeil hivernal.

Les Ziesels s'apprivoisent facilement, sont très propres et se nourrissent de graines, de fruits, de pain : ils ne refusent pas la viande et aiment beaucoup le lait.

Le *Spermophile de Hood* (Spermophilus Hoodi) est le *Leorparden Ziesel* des Allemands et le *Hood's Marmotte* des Anglais. C'est un animal de 22 centimètres de long et de 6 centimètres de haut : il habite l'Amérique du Nord, sur le Missouri, et jusqu'à l'Arkansas, dans des plaines sablonneuses. Le genre de vie du *Siksik*, comme l'appellent les Américains, à cause de son cri, se rapproche beaucoup de celui du Souslik. Il hiverne de l'automne au printemps.

Entre les Spermophiles et les vraies Marmottes se placent comme trait d'union les *Cynomys* ou *Chiens-rats (Murmelziesel* des Allemands). On n'en connaît qu'une espèce qui habite l'Amérique du Nord ; c'est le *Cynomys social* de la Louisiane (Cynomys Ludovicianus). Il porte encore, en allemand, le nom de *Prairiehund* et, en anglais, celui de *Prairie dog* ou *Wish-ton-Wish.*

On l'a nommé *Chien des prairies*, ou encore *Écureuil jappant* à cause de sa voix aboyante. Il a plus de 33 centimètres de long et n'est pas plus gros que notre Écureuil. Ses habitations forment des villages dans les prairies de Sesleria dactyloïdes. Leurs terriers sont reliés par des sentiers battus. Ils n'amassent aucune provision et, en automne, se réfugient dans ces terriers, les ferment et tombent en léthargie. Au dire des Indiens, le Cy-

nomys ouvre quelquefois sa demeure avant la fin des froids, et c'est là un signe certain de l'adoucissement prochain de la température. Leurs mœurs sociales sont des plus intéressantes, mais elles ne peuvent rien nous apprendre au point de vue de l'hivernation.

Les *Marmottes* ou Arctomys (en allemand Murmelthiere) ont un corps lourd et bas sur jambes, la tête grosse, arrondie, les oreilles médiocrement longues, la queue relativement courte et touffue. Le pouce des pieds de devant est tout à fait rudimentaire, la pupille est ronde et les abajoues n'existent pas.

Les espèces connues appartiennent à l'Europe, à l'Asie et à l'Amérique septentrionale.

La *Marmotte Bobac* (Arctomys bobac) habite la Galicie, la Pologne méridionale, le Bukhowine, la Russie et la Sibérie méridionale. On n'a pu fixer la limite orientale de son aire de dispersion.

Sa longueur est de 50 centimètres, dont 10 pour la queue. Elle habite de grandes plaines découvertes ou des collines peu élevées, creuse dans le sol ferme et sec de longs couloirs de 5 à 6 mètres de profondeur, exposés au midi et pourvus de divers compartiments où elle hiverne avec sa famille.

La *Marmotte vulgaire* (Arctomys marmota) qui a servi pour nos expériences, avait depuis longtemps attiré l'attention des hommes; elle était connue des Romains. D'après Eschudi, le jésuite Kircher la regardait comme un métis du Blaireau et de l'Ecureuil; Attmann, s'élevant contre une telle opinion, en faisait un petit Blaireau et la rangeait avec cet animal parmi les Cochons.

Le corps de la Marmotte est court, ramassé, sa tête plate et charnue est assez expressive. La lèvre supérieure, fendue vers le milieu, laisse voir des dents d'un pouce de longueur, fortement recourbées et très tranchantes. Dans leurs yeux d'un noir brillant, un peu saillants, on distingue difficilement la pupille. Les joues, assez fortes, sont garnies de longs poils ; le

cou court, épais et les pieds ramassés annoncent une forte organisation. La fourrure touffue et grossière est jaune et grise, rousse sur le dos. La plante des pieds est garnie de semelles. La longueur du corps mesure 40 à 48 centimètres.

On en connaît trois variétés : noire, blanche et tachetée de blanc.

Elle est exclusivement européenne et habite les hautes cimes des Alpes, des Pyrénées et des Carpathes.

Sur les Alpes, elle vit à la limite des neiges éternelles, là où ne croît plus aucun arbre, aucun buisson, dans les endroits les plus déserts. En général, elle habite les versants méridionaux, orientaux et occidentaux.

Les Marmottes sont diurnes et aiment le soleil. Elles creusent pour l'été des terriers simples, petits, et pour l'hiver, de plus profonds. De bon matin, elles sortent pour chercher leur nourriture qui se compose d'herbes et de racines, puis elles se réunissent en troupes pour jouer au soleil, faire leur toilette, se gratter, faire les belles en se dressant sur leurs pattes de derrière. Les plus vieilles font le guet et poussent un cri perçant à l'approche du danger : Homme, Aigle ou Renard ; on entend leur sifflement à des lieues de distance. Si le danger devient pressant, toutes se sauvent dans les trous.

L'accouplement a lieu après le sommeil d'hiver et déjà, en juin, les petits naissent. Pendant l'hiver, ils restent avec leurs parents.

Quelquefois, elles n'ont qu'une seule demeure pour toutes les saisons. En été, elles préfèrent ordinairement les hautes prairies à 3000 mètres d'altitude environ, mais elles descendent plus tard vers les pâturages que le berger vient d'abandonner, et s'y creusent de vastes terriers renfermant quelquefois jusqu'à une quinzaine d'individus.

Vers le milieu d'octobre, elles transportent une grande quantité de foin dont elles tapissent leurs terriers et qui sert aussi, avec des pierres et de la terre, à en boucher les trous.

La grande avenue qui conduit à l'habitation a rarement moins de 10 pieds de long et assez souvent 8 à 10 mètres. Elle s'élève un peu vers l'extrémité et aboutit au terrier, qui n'a pas moins de 3 à 6 pieds de diamètre. Il est rempli d'un foin sec et tendre. Les approvisionnements commencent en août : la Marmotte fait sécher l'herbe qu'elle a coupée et la transporte ensuite.

Outre l'habitation d'été qui est souvent située au-dessus de l'autre, la Marmotte a des refuges ou bien, si elle ne peut les atteindre, se sauve dans les crevasses ou sous les pierres.

En liberté, elles vivent en bonne intelligence, mais en captivité, peuvent se tuer et même se dévorer, comme je l'ai déjà dit.

Malgré la brièveté de ses jambes, la lourdeur de son corps, la Marmotte est très agile, court vite et fait des bonds prodigieux.

Elle se nourrit de plantes succulentes, de feuilles, de racines et recherche principalement les Oreilles d'Ours, les Gnaphaliums, le Trèfle, les Asters, le Plantain. Au besoin, elle se contente de l'herbe sèche qui croît aux alentours de son terrier. La Marmotte broute à la manière des Lapins, mais lorsqu'elle a de gros morceaux à manger, comme des fruits ou des raisins, elle s'assied et les tient entre les pattes de devant. Elle boit rarement, mais beaucoup à la fois, avec un certain bruit, lève la tête à chaque gorgée, ainsi que les Oies et les Canards et, suivant Sacc, lape à la façon des Chiens et des Chats.

On n'est pas d'accord sur la question de savoir si les Marmottes mangent l'herbe accumulée dans les terriers : cela n'est pas probable, car celles que je conserve dans les caves de mon laboratoire, en hivernation pendant plus de six mois, ne prennent pendant ce temps ni aliments solides, ni aliments liquides, et pourtant, quand arrive le printemps, elles ne sont pas plus maigres que celles qui ont vécu à l'état sauvage.

Immédiatement après leur réveil, si les terriers sont encore couverts de neige, les Marmottes entreprennent de longues excursions pour chercher leur nourriture.

Les montagnards prétendent qu'elles pressentent le mauvais temps.

Elles mangent prodigieusement et dorment beaucoup pendant le beau temps, ce qui les fait engraisser rapidement. Il y en a qui pèsent à l'entrée de l'hiver jusqu'à 10 kilogrammes. A ce moment, elles se réveillent de plus en plus rarement, jusqu'à ce que le sommeil hivernal régulier s'établisse, et on les voit, sans transition brusque, passer du sommeil ordinaire des autres Mammifères au sommeil hivernal, ce qui prouve bien qu'il n'y a pas de différence fondamentale entre ces deux états.

L'âge des Marmottes se reconnaît aux dents : blanches la première année, elles deviennent jaunes dans la seconde et orangé vif la troisième. Le ventre est d'un rouge orangé d'autant plus vif que l'animal est plus vieux : elles vivent de neuf à dix ans. On les tue difficilement au fusil, il faut se mettre à l'affût de très bonne heure. Dans le canton d'Uri, la chasse est interdite pendant toute la belle saison : à la fin de celle-ci, on plante de longues perches dans les points où sont les terriers, que l'on vient fouiller dès que la neige tombe. On prend seulement les mâles adultes pour les porter au village où on se les distribue. Sur l'alpe du glacier de la vallée de Saas, dans le Valais, on ne dresse de pièges que pour les vieux individus, aussi les Marmottes y sont-elles abondantes.

Lorsqu'elles sont serrées de près, les Marmottes se défendent avec leurs griffes et leurs ongles. Pour les manier dans le laboratoire, quand elles sont éveillées, il faut prendre de sérieuses précautions afin de n'être pas blessé : le meilleur moyen consiste à les saisir par la queue et à les tenir la tête en bas au-dessus du sol. On empoigne alors fortement la peau de la région postérieure du cou, et on applique les appareils à contention dont on se sert pour le Lapin.

En captivité, elles se nourrissent de pain, de fruits et de

racines, mais se contentent aussi de Trèfle, de Luzerne, de feuilles de Chou et ne mangent les feuilles dures de Graminées que pressées par la faim : leur aliment préféré est la Carotte. Elles refusent souvent la viande crue ou cuite, ainsi que les œufs, mais boivent avidement le lait qu'elles aiment mieux que l'eau.

L'humidité leur est funeste, il en meurt beaucoup dans les années pluvieuses.

La Marmotte vit en bonne harmonie avec les autres animaux, dit-on, et cependant je n'ai jamais réussi qu'à faire tuer les Lapins ou les Lapines que j'avais placés en leur compagnie, dans le but d'obtenir des métis. On en aurait vu dans les jardins zoologiques permettre à des Pacas et à des Agoutis d'habiter leurs terriers.

L'exactitude de ces détails, que j'ai presque textuellement empruntés à l'excellente édition française de Brehm, revue par M. Z. Gerbe, m'a été confirmée par les chasseurs qui ont coutume de capturer les Marmottes destinées aux expériences de mon laboratoire.

Les autres Mammifères hivernants qu'il nous reste à mentionners ont moins importants que la Marmotte, au point de vue expérimental : ils peuvent rendre cependant quelques services.

Il n'est pas démontré que les *Géomydés* soient toujours de véritables hivernants, mais il est probable qu'ils le deviennent dans les pays froids.

Les *Myoxidés* (die Bilche, die Schlafmaüse des Allemands) sont connus vulgairement sous le nom de *Loirs*. Ce sont des animaux élégants, plus petits que les Ecureuils et ayant la même structure squelettique. Tous habitent l'Ancien Continent. On les trouve dans les collines et les montagnes, où ils fréquentent les forêts, les jardins, les Bruyères : ils y vivent sur les arbres, plus rarement dans des terriers, dans les fentes des murs ou des rochers. Ils dorment tout le jour et ne cherchent leur nourriture qu'au crépuscule. Beaucoup font des pro-

visions pour l'hiver, d'autres s'en passent : ils se nourrissent de fruits, de graines; la plupart y joignent des Insectes, des œufs, de jeunes Oiseaux : ils ont quatre à cinq petits. On en connaît quatre genres : un seul habite l'Afrique.

Le *Loir vulgaire* (Myoxus glis) (der grosse Bilch ou Siebenscläfer, Allem.) est long de 30 centimètres, dont 14 pour la queue. On le trouve en Espagne, en France, en Grèce, en Italie, dans le sud de l'Allemagne, en Autriche, en Sibérie, en Bohême. Il est commun en Croatie, en Hongrie et en Russie méridionale. Il se rencontre dans la région moyenne des montagnes et dans les forêts de Chine. Très vorace, il devient fort gras en automne. Son nid est fait de mousse fine, dans un trou profond en terre, dans une fente de rocher, dans la crevasse d'un mur ou le creux d'un tronc d'arbre. Le Loir s'y couche enroulé, généralement en compagnie de plusieurs de ses semblables, et s'endort longtemps avant que la température soit descendue à zéro : en août dans la montagne, en octobre dans la plaine.

L'hiver, il s'engourdit profondément et se réveille de temps en temps pour manger ses provisions, sans paraître conscient: il rejette quelques gouttes d'urine et se rendort. Lenz les a vus se réveiller tous les quinze jours; Galvani en avait qui dormaient deux mois de suite. Le sommeil du Loir dure environ sept mois.

Pour le prendre, on creuse des demeures artificielles, des fosses dans un lieu sec exposé au midi, dans une forêt, dans des buissons ou au pied d'une roche : on les garnit de mousse, puis on y met en grande quantité des faînes, on les recouvre de feuilles et de paille. On se sert aussi de trappes pendues dans les arbres et de pièges en nasses.

S'il a faim, le Loir attaque ses semblables, les tue et les mange ; il est toujours irrité et désagréable.

Le *Lérot* ou *Eliomys* (die Garden Bilche, All. ; the Garden dormouse, Ang.) est très voisin du Loir. Il vit en Europe où on en connaît deux espèces : le *Lérot commun* et le *Lérot*

dryade ou *Lérotin* (Eliomys dryas) qui habite la Russie et la Hongrie.

Le *Lérot commun* (Eliomys nitela) (der gemeine Gardenscläfer ou die Grosse Haselmaus, All. ; the Lerot ou Garden dormouse, Ang.) est connu, en France, sous le nom de *Grand Muscardin* ou *Loir des jardins*. Le corps est long de 30 centimètres. Il se trouve en France, en Belgique, en Suisse, en Italie, en Allemagne dans le Harz, en Hongrie et en Russie sur les bords de la Baltique.

Le Lérot habite les collines et les plaines, mais préfère les forêts des montagnes. En Suisse, il vit jusqu'au voisinage des glaciers, mais on le trouve dans les jardins et presque dans les maisons : ses mœurs sont très analogues à celles du Loir. En hiver, les Lérots ont un sommeil continu, dit-on, mais peu profond. Ils sont féroces et indomptables.

Les *Muscardins* (Muscardinus) ne sont représentés que par une seule espèce en Europe.

Le Muscardin est un petit animal très gracieux, très vif, très agréable et très doux. Il a la grosseur d'une Souris, à peu près. On le trouve en Suède, en Angleterre, en Toscane, en Hongrie. Il est commun dans le Tyrol, la Bohême, la Silésie, l'Esclavonie et l'Italie septentrionale.

Ses mœurs sont les mêmes que celles des autres Myoxidés.

Parmi les *Muridés*, il y a des espèces qui se creusent des terriers, y amassent des provisions et se comportent comme de véritables hivernants.

Le genre *Hamster* comprend une douzaine d'espèces ; le corps est lourd et bas sur jambes, les abajoues très développées : on les trouve dans les champs de céréales de l'Europe tempérée et en Asie.

Ils vivent tous comme le plus connu d'entre eux, le *Hamster commun* (Cricetus frumentarius) qui est un bel animal de 33 centimètres de long, sur lesquels la queue en a 3 seulement. Il habite les champs ensemencés, depuis le Rhin jusqu'à l'Ob, en Sibérie. Il manque dans le sud-ouest de l'Allemagne, ainsi que

dans la Russie orientale et occidentale, mais il est très commun en Thuringe et en Saxe.

Le Hamster recherche un sol fertile, gras et sec pour ses terriers, il fuit les sols sablonneux, rocailleux et humides. Leur nombre est considérable dans certains endroits. Aux environs de Gotha, en 1817, on en tua 111.817. Ce Rongeur se construit de vastes terriers artistement établis, dans lesquels il accumule du blé en automne, en grande quantité, jusqu'à 2 et même 4 hectolitres. C'est un animal agile, irritable et très courageux. Il s'attaque à tous les végétaux et se nourrit aussi de jeunes Oiseaux, de Souris, de Lézards, d'Orvets, de Couleuvres, d'Insectes. En captivité, il est omnivore.

Le Hamster sort de son sommeil hivernal en mars ou février, mais il reste encore quelque temps dans son terrier et y consomme ses provisions. En octobre, il se couche en boule, ses membres deviennent rigides, et, si on les écarte, ils reprennent leur position première. Ses yeux sont clos, moins limpides que dans l'état de veille, les paupières se referment d'elles-mêmes quand on les a ouvertes. Les mouvements de la respiration sont alors insensibles, comme ceux du cœur qui ne dépassent plus douze à quatorze battements par minute.

Quelque temps avant le réveil, la rigidité disparaît, la respiration redevient sensible, l'animal fait quelques mouvements ; il ronfle, se dresse, ouvre les yeux, avance de quelques pas en trébuchant, comme s'il était ivre, puis essaye de s'asseoir, tombe, se relève : peu à peu, il revient à lui, court lentement, mange, et fait sa toilette en se lissant les poils ; il est enfin complètement réveillé. Il faut être prudent quand on veut savoir si un Hamster est revenu à la vie active ; souvent il paraît mort, lorsqu'un coup de dent vient vous apprendre que cette mort n'était qu'apparente.

Quand le froid devient trop vif, en décembre, par exemple, le Hamster peut se réveiller, ouvrir son terrier et courir les champs. Dans une chambre continuellement chauffée, il reste

volontiers éveillé toute l'année, mais il ne paraît pas y être à l'aise et meurt souvent rapidement.

Les faits relatifs aux hivernants vivant dans l'état de nature et que j'ai rassemblés dans ce premier chapitre n'ont rien d'original : on les retrouvera presque tous, par exemple, dans l'édition française de Brehm, accompagnés de nombreux détails zoologiques, mais ils y sont disséminés : or, ils ne prennent de signification réelle, au point de vue physiologique, qu'autant qu'ils sont rapprochés les uns des autres et convenablement coordonnés. Alors, il s'en dégage des notions générales, qui nous permettent de tirer immédiatement quelques conclusions très importantes :

1° *Entre les Mammifères ordinaires et ceux qui sont de véritables hivernants, il n'y a pas de transition brusque : les faux hivernants sont, sous le rapport physiologique, des animaux de passage. L'état de somnolence profond et prolongé de ces derniers pendant la période hivernale est intermédiaire entre le sommeil ordinaire et la torpeur.*

2° *Chez les hivernants vrais, à l'entrée et à la fin de l'hiver, on voit peu à peu le sommeil ordinaire se transformer en sommeil hivernal, ou inversement, sans transition sensible.*

3° *Des deux premières conclusions on peut en tirer une troisième, c'est que le sommeil hivernal ne diffère du sommeil ordinaire que par sa plus grande profondeur et sa durée plus prolongée. Dans les deux cas d'ailleurs, il y a abaissement de la température interne : il est petit dans le premier, plus ou moins considérable et parfois énorme dans le second, selon l'espèce, ou bien encore suivant la période hivernale considérée.*

4° *Les Mammifères hivernants appartenant à des groupes fort différents au point de vue zoologique, et ces mêmes groupes, d'autre part, pouvant contenir à la fois des animaux*

proches parents, qui hivernent et d'autres qui n'hivernent pas, il n'y a pas lieu de leur attribuer une constitution morphologique sensiblement différente; cette opinion est renforcée par les conclusions suivantes :

5° *Les hivernants domestiqués perdent l'habitude d'hiverner, même aux températures où ils ont coutume de le faire à l'état naturel. Il en est qui hivernent, à l'état naturel, dans un pays et cessent de se comporter ainsi dans un autre. Il s'agit d'une habitude acquise, d'une adaptation physiologique.*

6° *Les Mammifères hivernants se distinguent nettement des autres animaux à sommeil hivernal en ce que les premiers s'endorment à des températures ambiantes voisines de dix degrés, ou au-dessus, et se réveillent dès qu'elles tombent vers zéro, tandis que les seconds s'enfoncent de plus en plus dans la torpeur au fur et à mesure que le froid augmente.*

7° *Le régime nutritif n'a aucune influence : les Mammifères hivernants sont herbivores, granivores, frugivores, insectivores, carnivores, suivant les espèces, et le plus souvent omnivores.*

8° *Le sommeil hivernal n'est pas le résultat de la diète, du jeûne, puisqu'il y a des hivernants qui accumulent des provisions dans leurs terriers et les mangent dans l'intervalle de leurs périodes de sommeil, lequel est coupé par des temps de réveils spontanés.*

9° *La position en boule que la plupart des hivernants affectent pendant la torpeur est adoptée par beaucoup d'autres animaux, comme les Chats par exemple, dans le sommeil ordinaire. Les Chauves-Souris s'engourdissent la tête en bas, suspendues par une patte de derrière. L'importance de l'attitude en boule est tout à fait accessoire.*

10° *L'altitude n'a aucune importance : d'une part, les Marmottes qui viennent du voisinage des glaciers des Alpes dorment parfaitement dans le sous-sol de mon laboratoire et, d'autre part, une grande quantité de Mammifères hivernent dans les plaines.*

11° *La latitude et la longitude importent peu : on rencontre de vrais hivernants dans toutes les parties de l'Europe, en Asie, en Amérique et jusqu'en Afrique (Tanrecs de Madagascar).*

12° *L'air confiné n'est nullement nécessaire à la production de la torpeur chez les hivernants ; car, si les uns habitent des terriers, d'autres logent dans des nids ouverts : ce qui importe avant tout, c'est une température favorable, ni trop haute ni trop basse. L'influence des saisons et des climats est évidente.*

13° *Ce ne sont pas les conditions cosmiques extérieures qui, en dehors des grandes variations de température, règlent les phases alternatives de sommeil et de réveil. Celles-ci ne sont pas les mêmes suivant les espèces et, dans une même espèce, suivant les individus. Elles dépendent manifestement de causes internes.*

DEUXIÈME PARTIE

PHYSIOLOGIE DE LA MARMOTTE NORMALE

CHAPITRE II

HIVERNATION EN CAPTIVITÉ. — PHASES DE SOMMEIL ET DE RÉVEIL. — ALIMENTATION. — DIGESTION. — ABSORPTION CIRCULATION SANGUINE ET LYMPHATIQUE

Cette seconde partie est consacrée à l'étude des différentes fonctions de la Marmotte observée en captivité, pendant la période hivernale.

Pour nos observations et nos expériences, nous avons mis à profit l'excellente installation du laboratoire de physiologie générale et comparée de l'Université de Lyon, qui possède de vastes sous-sols, dans lesquels règne une température à peu près constante pendant tout l'hiver. Là, nos Marmottes arrivées directement des Alpes, au commencement de l'hiver, pouvaient trouver le calme, et, d'une manière générale, des conditions se rapprochant beaucoup de celles de l'état de nature. Pour les recherches sur la calorification, on comprend aisément pour-

quoi il est indispensable d'opérer dans un milieu à température invariable, non seulement pendant toute la durée d'une expérience ou d'une observation, mais encore pendant la série tout entière de celles-ci, si on veut obtenir des résultats comparables.

L'analyse physiologique de la thermogénèse et du sommeil, nécessitant des opérations qui font que l'état normal est à dessein troublé, sera traitée dans la troisième partie de cet ouvrage. Elle ne pouvait pas être abordée, en effet, sans une connaissance assez approfondie de la physiologie normale. Je ne me dissimule pas que celle-ci est encore très incomplète, malgré mes propres efforts et ceux de mes prédécesseurs. J'ai contrôlé les résultats qu'ils ont publiés, dans le plus grand nombre des cas possibles, et je me propose de combler plus tard certaines lacunes qui ne constituent pas d'ailleurs un obstacle à la solution des questions de thermogénèse et de sommeil que j'ai eu principalement en vue d'élucider.

Dans ce chapitre, j'examinerai les caractères de l'hivernation ; ceux du sommeil particulièrement, l'alimentation, la digestion, l'absorption, ainsi que la circulation sanguine et lymphatique.

L'état d'hivernation est caractérisé par des périodes de sommeil et d'engourdissement qui alternent avec des réveils spontanés, depuis la fin de novembre jusqu'au commencement de mai. Ces périodes ne sont pas influencées d'une manière sensible par les modifications naturelles du milieu cosmique : état électrique de l'air, perturbations magnétiques du sol, variations de la pression atmosphérique et de l'état hygrométrique de l'air.

Un abaissement considérable ou une forte élévation de la température extérieure survenant subitement, au début et à la fin surtout de l'hivernation, suivant que le vent souffle du nord ou du midi, peuvent seuls réveiller en même temps toutes les Marmottes captives; mais ordinairement, elles ne s'endorment et ne s'éveillent pas dans le même moment, ce qui

prouve bien que les conditions cosmiques précitées n'ont aucune influence.

Au commencement de l'hivernation, on observe pendant huit à quinze jours des oscillations quotidiennes de l'état d'activité et de la température interne, d'une amplitude progressivement croissante. Les phases de sommeil, d'abord plus courtes que celles des réveils, deviennent égales à celles-ci, puis de plus en plus longues : elles durent deux, trois, quatre jours, de telle sorte que, vers le quinzième jour, on en voit qui continuent huit jours et plus. Au fur et à mesure que les périodes de sommeil s'allongent, la torpeur s'aggrave.

Les réveils ne durent ordinairement que vingt-quatre heures et exceptionnellement deux jours.

Quand les animaux sont excités, par exemple par l'introduction, le matin et le soir, d'un thermomètre dans le rectum, les réveils, en pleine hivernation, sont plus fréquents : ils ont lieu tous les trois, quatre, cinq ou six jours ; mais si les Marmottes sont laissées en repos, dans l'obscurité et le silence, à l'abri des causes qui favorisent les déperditions de calorique, et à une température voisine de + 10 degrés centigrades, les phases de sommeil sans réveil peuvent atteindre trois ou quatre semaines. A la suite d'un sommeil parfaitement tranquille, la quantité d'urine et d'excréments que la Marmotte élimine en se réveillant est moins grande. Il peut donc se produire plus ou moins d'usure, même pendant le sommeil et c'est, en effet, une erreur de croire qu'il suffit de dormir pour se bien reposer. L'organisme endormi reste excitable, seulement les excitations ne sont pas conscientes : il n'en résulte pas moins une dépense inévitable.

En dehors des grandes oscillations dont je viens de parler, la marche de la température indique qu'il y a eu dans l'état de profonde torpeur de petites oscillations qui sont quotidiennes ou biquotidiennes : je n'ai pu saisir aucun rapport entre elles et les variations du milieu ambiant. On observe aussi parfois

des demi-réveils, puis la Marmotte retombe en torpeur, avant de s'être complètement éveillée.

Au moment où elle s'endort, la Marmotte ressemble beaucoup à un homme cherchant à lutter avec énergie contre un invincible besoin de sommeil : la tête s'infléchit lentement ; puis, subitement, le corps est agité par une secousse brusque qui fait redresser légèrement le museau : deux, trois ou quatre se succèdent et il y a un temps de repos. La tête s'incline de plus en plus entre les pattes de devant pendant les repos : un léger coup frappé sur la cage, ou l'action de souffler sur la bête, provoque alors une secousse brusque, comme si les réflexes médullaires étaient très exagérés, ainsi que cela a lieu dans l'empoisonnement par la strychnine.

En approchant tout d'un coup une lumière ou en frappant les mains l'une contre l'autre, on détermine également des soubresauts. Ceux qui se font spontanément deviennent de plus en plus rares, l'animal roulé en boule, tombe sur le côté et reste immobile.

La Marmotte qui se réveille présente des phénomènes analogues, les premiers mouvements sont généralement accompagnés d'éternuments, comme si la pénétration plus rapide de l'air excitait la muqueuse nasale. Au commencement du demi-réveil, un peu avant que la Marmotte ouvre les yeux, il se produit de remarquables trémulations musculaires, très accentuées aux joues : ce sont de petits frissons des muscles massétériens accompagnant cette période du réchauffement commencé déjà depuis un certain temps.

Avant d'arriver à l'état de veille complète, la Marmotte passe par divers états que Valentin (79) a divisés en quatre périodes :

1° État hivernal complet ; 2° sommeil léger ; 3° état d'ivresse ; 4° demi-réveil et réveil.

Je n'en distingue que trois : 1° état de torpeur ; 2° état de demi-réveil, comprenant l'ivresse et le sommeil léger de Valentin ; 3° réveil.

A propos du réchauffement spontané, j'aurai l'occasion de revenir sur cette question et de bien fixer les limites de ces trois phases.

Dans les trois derniers états, on reconnaît toutes les phases et tous les symptômes du sommeil ordinaire, faciles à observer surtout chez les petits enfants.

Sacc (82) a vu que le sommeil commence par le train postérieur et finit par la tête: tandis que c'est le contraire pour le réveil. On observe la même marche dans le sommeil provoqué par les anesthésiques généraux (1).

C'est quand les Marmottes sont tout à fait éveillées que se produisent les évacuations d'urine et d'excréments. Il n'est arrivé que très exceptionnellement qu'on ait observé des réveils sans évacuations : quelquefois l'une des deux manque et c'est alors celle des excréments. S'il y a évacuation, il y a toujours réveil.

Pour passer spontanément de l'état de torpeur profonde à l'état de veille complète, les Marmottes mettent environ trois à quatre heures et quatre à cinq fois autant de temps pour retomber à leur point de départ.

A la fin de l'hivernation, les phases de sommeil deviennent de plus en plus courtes et celui-ci, de moins en moins profond, passe insensiblement de la forme hivernale à celle du sommeil ordinaire. C'est, par conséquent, le contraire de ce qui arrive au début de l'hiver où le sommeil ordinaire se transforme progressivement en léthargie.

Alimentation. — Ainsi que je l'ai indiqué dans le précédent chapitre, les Marmottes n'accumulent pas de provisions d'hiver dans leurs terriers. Les observations faites dans le laboratoire montrent qu'elles peuvent bien réellement passer six mois sans boire ni manger, à la diète absolue et sans qu'aucun accident se produise au réveil. En état de captivité, tout au moins,

(1) V. *Anesthésie physiologique et ses applications*, par le Dr Raphaël Dubois, chez Garré éditeur, Paris, 1894.

elles ne se préparent point par un jeûne absolu à l'hivernation : elles sont encore très voraces en novembre : j'en ai vu qui, privées d'aliments pendant leur transport des Alpes à Lyon, avaient dévoré entièrement deux de leurs compagnes de route, sauf la peau. Valentin a noté des faits analogues. Peu à peu leur appétit diminue et quand commencent les fortes oscillations, elles mangent à peine ou même dédaignent complètement les carottes dont elles sont cependant très friandes. Quelques-unes prennent un peu des aliments qu'on place à leur portée pendant les courtes phases de réveil, tandis que d'autres n'y touchent pas.

A l'état sauvage, on ne trouve pas de nourriture dans l'intestin des Marmottes en torpeur, et, dans le laboratoire, les aliments disparaissent assez vite, même pendant le sommeil.

En état de léthargie profonde, surtout pendant la première moitié de l'hiver, le tube digestif renferme jusque vers le gros intestin des matières liquides. Dans l'estomac, on trouve, chez les Marmottes sacrifiées pendant la torpeur, jusqu'à 10 à 20 grammes, et quelquefois plus, d'une humeur aqueuse de sécrétion tenant en suspension quelques flocons blanchâtres formés de débris épithéliaux. Ce liquide rappelle celui de la pituite ou gastrorrhée des buveurs, ou bien des sujets anesthésiés par le chloroforme ou l'éther ; il est cependant exceptionnellement neutre, et, le plus souvent, assez faiblement acide.

L'intestin grêle ne contient, d'ordinaire, qu'un mucus clair dans sa partie supérieure, mêlé parfois à de la bile. J'ai toujours trouvé la vésicule biliaire pleine. De tout l'intestin, c'est le cæcum qui renferme la plus grande quantité de liquide. Ce dernier est plus épais que celui de l'estomac et coloré en rouge brun par de la bile : il semble que l'épaississement du suc intestinal, en ce point, soit dû non seulement à l'accumulation de produits de dénutrition, et, en particulier, de déchets épithéliaux, mais encore à une résorption de la partie liquide. Cet épaississement s'accuse encore davantage dans les dernières

parties du tube digestif qui ne reçoivent plus que des matières demi-solides et même solides au niveau du rectum.

L'albumine cuite n'est digérée par le liquide stomacal ou par la macération de muqueuse de cet organe que quand ces derniers sont naturellement acides ou artificiellement acidifiés par l'acide chlorhydrique.

Le réactif de Günsbourg n'a décélé qu'une fois, chez une Marmotte froide, la présence de l'acide chlorhydrique.

Le résultat est le même, qu'il s'agisse d'une Marmotte en torpeur ou en état de veille ; mais la digestion est plus rapide à 35 degrés qu'à froid. Le liquide stomacal neutre transforme le glycogène en sucre.

La macération de pancréas saccharifie toujours l'empois d'amidon et émulsionne les graisses, mais elle ne digère pas constamment l'albumine cuite. Sous ce rapport, si les résultats se montrent variables, cela tient vraisemblablement à ce que l'état du système nerveux et de la circulation et, peut-être, la réaction du milieu ne sont pas les mêmes à toutes les périodes.

Je me propose de reprendre cette étude au point de vue spécial du mécanisme de la digestion et de la fonction pancréatique.

Le liquide du cæcum ne digère soit à chaud, soit à froid ni le sucre de canne, ni l'amidon, ni l'albumine.

Claude Bernard avait émis l'hypothèse que peut-être la matière blanchâtre en suspension dans le liquide stomacal servait à la production du sucre, après avoir été transportée dans le foie par la veine porte, mais il n'a fait aucune expérience à ce sujet.

En résumé, ce qui n'est pas douteux, c'est que chez la Marmotte, comme chez les autres Mammifères hivernants tels que le Loir et le Hérisson, la digestion des aliments puisse se faire pendant le sommeil, mais avec plus de lenteur probablement.

J. Hunter a dit, à tort, que ce qui différenciait le sommeil de la torpeur c'est que dans cette dernière la digestion était supprimée. Ce savant n'avait expérimenté que sur des animaux à sang froid : son erreur vient de ce fait.

L'*absorption* est très ralentie, l'eau injectée dans l'extrémité inférieure du tube digestif y séjourne longtemps. Les poisons introduits par diverses voies pénètrent lentement. Ceci s'explique en partie par le ralentissement de la circulation.

La *circulation*, dans le sommeil hivernal, est en effet d'autant moins rapide que celui-ci est plus profond, sauf probablement au moment du demi-réveil où les battements du cœur sont à la fois plus amples et plus accélérés. La *vitesse du sang dans les vaisseaux* est difficile à évaluer par les procédés du ferro-cyanure de potassium. Les injections rectales d'éther, d'assa fœtida, d'acide sulfhydrique, ne peuvent donner que des résultats approximatifs, à cause de la lenteur de l'absorption. Valentin (89) dit que l'acide sulfhydrique mettant trente et une fois autant de temps pour apparaître dans l'air expiré par une Marmotte engourdie que dans celui qui est rendu par un Lapin, il est probable que la durée de la circulation est de trois et demie à quatre minutes.

Les procédés de mesure directe ont le grand inconvénient de nécessiter des opérations qui accélèrent rapidement les battements du cœur et la respiration.

Sur une Marmotte en demi-réveil, avec le tube de Jolyet, j'ai pu évaluer approximativement à 25 centimètres par seconde la vitesse du sang dans la carotide et à 20 centimètres dans l'artère fémorale. Elle est loin d'être identique dans tous les points du corps : il en est même où elle paraît, dans l'état de profonde torpeur, tout à fait nulle. Les *vaisseaux de la périphérie*, même dans les parties les plus vasculaires, comme le nez et les oreilles saignent tardivement, peu et lentement, quand on pratique des incisions.

Serbelloni (95), sur l'artère fémorale mise a nu, ne put constater aucune pulsation ; au-dessus d'une ligature placée sur ce vaisseau, il ne se fit aucun gonflement, non plus qu'au-dessous d'une ligature placée sur la veine fémorale. Le sang s'écoulait de ces vaisseaux, qui paraissaient presque vides, comme de ceux d'un cadavre. Il en conclut que la circulation est nulle dans ces

conduits. Le sang semblait s'être retiré dans l'intérieur; les vaisseaux des cavités abdominale et thoracique étaient pleins: cœur, aorte, tronc des artères sous-clavières, carotide primitive.

Seulement, le sang paraissait stationnaire dans ces vaisseaux qui pourtant présentaient huit à dix pulsations très lentes par minute. Valentin (89), dans le mésentère, vit au microscope que pendant la torpeur, dans les artères et les veines qui ont un vingtième de millimètre au moins, on pouvait croire à une interruption de la circulation; il n'y avait aucun battement, mais un courant lent et régulier. Mes observations personnelles me permettent d'ajouter les remarques suivantes à propos de la *circulation abdominale.*

Ayant ouvert l'abdomen d'une Marmotte qui présentait une température de 7°6 dans la bouche et de 7°4 dans le rectum et se trouvait dans son quatrième jour de sommeil, j'ai noté qu'à cette période :

1° Les artères du mésentère ont un diamètre plus large que celui des veines et contiennent du sang plus rouge;

2° Les artères mésentériques sont flexueuses, tandis que les veines suivent le trajet le plus direct;

3° Les artères sont le siège de battements (on en comptait vingt et un par minute); ils sont isochrones avec la systole ventriculaire du cœur;

4° Au moment où se produit le battement artériel, la courbure des petits vaisseaux s'accentue : il en résulte l'apparence d'un mouvement vermiculaire. La veine cave inférieure renferme du sang noir : l'aorte est rose et présente des battement ainsi que les artères rénales. La veine porte ne renferme que peu de sang et il est beaucoup moins noir que celui de la veine cave inférieure.

Sur une Marmotte, qui était maigre et dans son dixième jour de sommeil, j'ai constaté à l'ouverture de l'abdomen une vascularité très grande de tout l'intestin, lequel paraissait même congestionné. Il n'y avait plus de différence entre le sang des

veines et celui des artères : dans les deux systèmes, il montrait une teinte plutôt rosée. Le mésentère avait un aspect lactescent, comme s'il avait été trempé dans du lait, mais on ne distinguait pas de chylifères à l'œil nu. Il y avait beaucoup de liquide péritonéal.

L'état de la circulation abdominale ne doit pas être le même aux différentes phases du sommeil : de nouvelles observations sont indiquées.

Au moyen d'une injection de mercure, nous avons constaté qu'il existait de larges anastomoses entre le système porte et le système cave. La communication se fait entre la mésaraïque inférieure et les fémorales : c'est dans la portion terminale du rectum que des capillaires veineux de la mésaraïque entrent en connexion avec des capillaires se résolvant en deux troncs, dont chacun va se jeter dans la veine fémorale correspondante.

La *circulation cérébrale*, d'après Valentin (91), n'offrirait aucune différence, en ce qui concerne l'état de réplétion des vaisseaux du cerveau et de ses enveloppes, entre la veille et le sommeil. Serbelloni affirme que, chez trois Marmottes en torpeur, les vaisseaux sanguins de la cervelle étaient comme vides et bien loin, en tout cas, d'un engorgement apoplectique.

Sur une Marmotte qui était dans son cinquième jour de sommeil et présentait une température de 7°6 dans le rectum et de 12 degrés dans la bouche, j'ai constaté, après enlèvement de la boîte cranienne, qu'il n'existait aucun mouvement apparent du cerveau. Le sinus médian paraissait à peine rempli : il n'y avait certainement pas congestion veineuse. Le sang qui s'échappait du diploé était rouge ; celui du sinus médian, au niveau de la crête occipitale supérieure, avait une teinte noire très prononcée. La surface des hémisphères était rosée et les petites veines s'abouchant latéralement dans le sinus médian présentaient une coloration bleuâtre et étaient peu remplies. Le cerveau n'était pas saillant, mais seulement appliqué exactement à la face interne de la boîte cranienne. A la température de 11°9 dans le rectum et de 26 degrés dans la

bouche, il n'y avait pas de turgescence du cerveau : celle-ci ne s'est montrée que lorsque l'animal était presque éveillé, avec une température rectale de 25°5 et de 38 degrés dans la bouche.

Dans un cas, j'ai observé un véritable pouls veineux du sinus médian.

On a signalé diverses particularités intéressantes, relatives aux vaisseaux sanguins. Chez la Marmotte, le cœur est relativement plus volumineux que chez les autres rongeurs hivernants, les artères et les veines sont plus grandes. Les intercostales artérielles et veineuses sont exceptionnellement larges : les petits vaisseaux de la périphérie sont rétrécis.

Marès (128) a prétendu que la circulation était arrêtée dans toute la partie postérieure du corps, dans les reins, et que le foie recevait seulement du sang de l'artère hépatique pendant la léthargie.

En injectant de l'indigo-carmin dans la veine jugulaire d'un Spermophile en état de veille, il a vu que cette matière colorante, comme chez tous les Mammifères, était rapidement excrétée par le rein, le foie ne participant pas à l'excrétion. Mais, en hivernation, les reins restaient complètement libres d'indigo-carmin : il ne s'en trouvait pas trace dans la vessie, ni dans la bile. Cette substance se répandait seulement dans les vaisseaux capillaires de l'artère hépatique et pas du tout dans les canaux biliaires dont la sécrétion, au dire de cet auteur, serait complètement suspendue.

L'injection du carmin d'indigo par la veine jugulaire est un mauvais procédé d'exploration, et M. Marès dit lui-même que le foie ne participe pas à l'excrétion du carmin chez l'animal éveillé, quand la quantité injectée n'est pas trop grande. Cette restriction montre déjà que les résultats ne sont pas les mêmes selon la quantité de matière colorante injectée : on pourrait ajouter selon la force et la rapidité avec lesquelles l'injection est poussée.

En injectant des Marmottes par la jugulaire, j'ai pu me con-

vaincre que l'on obtenait très facilement des injections mécaniques variables avec les conditions que je viens d'indiquer. Si l'on tient à l'injection veineuse, il vaut mieux, en tout cas, la faire par la veine fémorale.

Pour avoir un résultat convenable, il est évident qu'il sera toujours préférable d'introduire lentement une solution très concentrée, sirupeuse, en petite quantité dans la carotide : on aura ainsi une injection naturelle et on évitera de faire refluer mécaniquement une partie de la substance colorante par la veine-cave supérieure.

J'ai injecté dans la carotide gauche d'une Marmotte dont la température rectale était de 10°5, 4 centimètres cubes d'une solution concentrée de carmin d'indigo. La durée de l'injection a été un quart d'heure. A la fin de celle-ci, la muqueuse gingivale était bleue, puis, peu à peu, on a vu bleuir :

1° La peau de la tête; 2° celle du thorax; 3° celle des membres antérieurs; 4° celle des membres postérieurs et de l'abdomen.

L'animal a uriné et son urine était incolore.

Après dix minutes de circulation, la température étant de 13°5, on ouvre l'abdomen et on constate les faits suivants :

1° Les membres antérieurs et postérieurs sont injectés surtout vers les extrémités : les parois des grosses artères sont bleues : celles des veines le sont moins ; le sang y est beaucoup moins bleu que dans les artères ;

2° Dans la tête, les gros troncs artériels et veineux sont également bleus, la circulation y est donc complète ;

3° Du côté de l'appareil digestif, l'estomac est bleu, les capillaires et les troncs artériels sont bleus, les veines ne le sont pas. Les intestins se comportent comme l'estomac. Le gros intestin et surtout le cæcum semblent moins injectés que l'intestin grêle. Le foie est bleu, mais beaucoup moins que les organes précités. L'injection s'est faite par l'artère hépatique : la veine-porte ne contient pas de bleu. La rate est bleue mais, comme le foie, relativement peu injectée ;

4° Les parois de la vésicule biliaire et de la vessie sont bleues, ni la bile ni l'urine ne sont colorées;

5° Le cœur a du sang bleui dans les quatre cavités; le système artériel est complètement injecté; le système veineux aussi, seulement la matière colorante n'y est pas aussi abondante, surtout dans les grosses veines des membres antérieurs et postérieurs ainsi que dans celles de l'intestin et du péritoine;

6° La glande hivernale est bleue, comme le foie et la rate;

7° Le liquide péritonéal est resté incolore;

8° Le rein est bleu; la veine rénale est beaucoup moins colorée que l'artère et renferme du sang rouge.

De ces constatations on doit conclure que pendant la torpeur, la circulation peut être ralentie dans la partie postérieure du corps, mais surtout que le passage du sang artériel des artères dans les veines est entravé dans les viscères abdominaux et particulièrement du côté du système porte.

L'arrivée du sang coloré en bleu jusqu'aux capillaires semblerait indiquer qu'à ce niveau la partie liquide du sang, au lieu d'être déversée dans les veines, s'échappe par une autre voie, qui pourrait bien être celle des lymphatiques. Mais il y aurait alors accumulation des globules en ces points. Il vaudrait mieux admettre qu'il y a une stagnation presque complète dans toute cette partie du réseau circulatoire. Et pourtant le carmin est transporté jusque dans les capillaires et paraît s'y arrêter.

La circulation porte est exempte de bleu dans l'injection naturelle, mais ce n'est pas une raison pour dire que le foie ne reçoit pas de sang porte. Ce n'est pas non plus un motif pour penser, avec M. Marès, que la sécrétion biliaire ne se fait pas pendant le sommeil. Non seulement j'ai constaté la présence de la bile dans les canaux biliaires de Marmottes endormies, dont on dosait le glycogène du foie, mais encore sur des animaux porteurs de fistule, on a pu directement voir la bile s'écouler au dehors pendant le sommeil.

J'en dirai autant de la sécrétion urinaire. Heidenhain et d'autres observateurs ont constaté que le carmin d'indigo qui

est éliminé par le rein dans les conditions normales, cessait de l'être quand la pression intra-artérielle venait à diminuer, par exemple, à la suite d'une forte saignée ou d'une section de la moelle. Pourtant tous les physiologistes savent que la section de la moelle dans la région dorsale, par exemple, n'empêche nullement la sécrétion ou mieux l'excrétion de l'urine, mais seulement son expulsion. Tout ce que l'on peut dire, c'est que dans le sommeil hivernal, certains produits cessent d'être éliminés par le rein et que le carmin d'indigo est de ce nombre. Quant à la sécrétion de l'urine, on ne peut mettre en doute qu'elle se continue pendant la torpeur; j'ai pu m'en assurer directement par le procédé des fistules. Elle n'est pas même suspendue chez des Marmottes qui s'endorment avec une section de la moelle.

M. Marès a eu tort de dire que la sécrétion de la bile et l'excrétion de l'urine étaient supprimées parce que la circulation porte était abolie dans le foie ainsi que la circulation du rein. Enfin si, dans les membres postérieurs, la circulation est très ralentie, très amoindrie, elle n'en existe pas moins pendant la léthargie.

Saissy (25) a prêté à la position en boule des Marmottes engourdies une grande influence sur la circulation et, par celle-ci, sur le sommeil.

Les clavicules, le sternum se trouvent pressés contre la partie antérieure du cou, de manière à intercepter le courant du sang qui va dans la tête. Les viscères abdominaux et les membres de l'arrière-train sont poussés contre le diaphragme, de façon à comprimer les larges canaux qui le traversent et l'extension du thorax étant empêchée dans le sens longitudinal, il en résulte que la circulation est restreinte.

Malheureusement pour l'hypothèse de Saissy, les Marmottes commencent à s'endormir avant d'être roulées en boule, et peuvent rester engourdies quand on les a étendues avec précaution : j'en ai vu qui tombaient en torpeur dans une demi-extension : c'étaient, en général, des sujets fatigués ayant subi des opérations

La *circulation lymphatique* a donné lieu à des remarques importantes. Je n'ai jamais réussi à distinguer, dans l'état de torpeur profonde, les vaisseaux lymphatiques : ils ne se montrent qu'au commencement du réchauffement ou sur les bêtes éveillées. On peut voir assez facilement alors le canal thoracique déboucher dans la veine sous-clavière ; on le retrouve encore dans la cavité abdominale, surtout entre les piliers du diaphragme, un peu en arrière de l'aorte. Le péritoine, chez les Marmottes très froides, principalement chez les jeunes, est baigné par une grande quantité de lymphe que l'on peut recueillir avec une pipette et qui se coagule spontanément. Elle rentre dans la circulation au moment du réchauffement. Il semble qu'il y ait là quelqu'analogie avec ce qui se passe du côté des sacs lymphatiques chez les Grenouilles curarisées.

Valentin (89) a étudié la *pression sanguine* et il l'a trouvée, chez les Marmottes en sommeil, plus faible que chez les autres animaux. Le minimum qu'elle a atteint, dans ses expériences, était de 53 millimètres. A chaque contraction du cœur, il y avait une oscillation de 2 à 6 millimètres.

L'inspiration profonde n'est pas fatalement liée à une diminution correspondante de la pression : elle peut au contraire être suivie d'une augmentation. Après une longue pause, à laquelle a succédé une profonde inspiration, la pression est souvent relevée, ce qui tient à l'exagération d'excitabilité du cœur par l'arrivée abondante de sang frais, d'après Valentin.

Les pressions les plus basses que j'ai pu obtenir, chez des Marmottes normales engourdies, ont été prises dans l'artère fémorale. A la température de 13°8 dans le rectum, la pression était de 7 centimètres; à 24 degrés de $9^{cm}2$; à 34 degrés de $8^{cm}25$; à 36°2 de $8^{cm}50$; à 24 degrés la pression n'a atteint que lentement son maximum, il était situé au delà de la limite où finit le graphique II de la figure 1. La même remarque s'applique au graphique I.

L'examen de la figure 1 montre que, pour les deux premières pressions, la montée a été lente en raison de la petite vitesse du

sang, qui va en augmentant rapidement. L'accident que l'on remarque au début de la courbe IV tient vraisemblablement

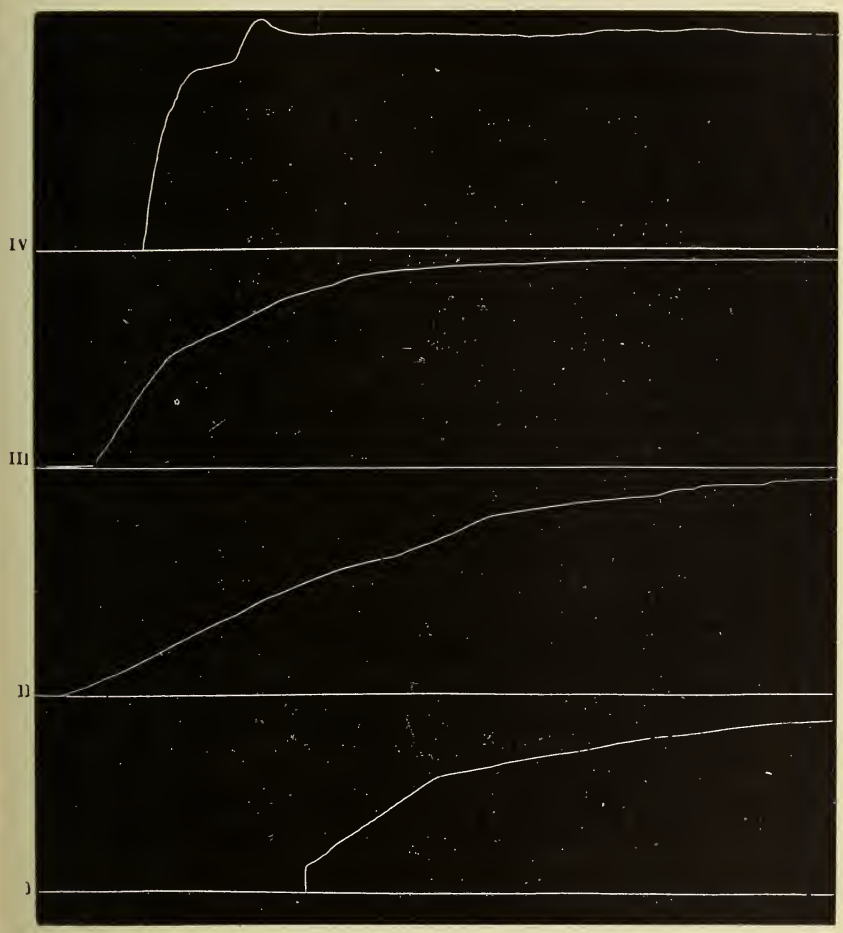


Fig. 1. — *Pressions sanguines prises dans l'artère fémorale.*

I. P. à la temp. rect. de 13°8. — II. P. à la temp. rect. de 24 degrés. — III. P. à la temp. rect. de 34 degrés. — IV. à la temp. rect. de 36°2.
(Les tracés représentent la moitié de la hauteur réelle de la colonne de mercure soulevée par la pression intra-artérielle).

à une de ces profondes respirations suivies d'augmentation de pression, dont parle Valentin. Les pulsations cardiaques ne se

traduisent, à cause sans doute de l'inertie du cœur, que par de légères ondulations.

Les pressions intravasculaires dans les basses températures, quand l'animal est laissé en repos absolu, doivent être bien inférieures à celles que j'ai trouvées, si on en juge par l'état de flaccidité des vaisseaux et la manière dont le sang coule d'un vaisseau brusquement divisé. Les manipulations nécessaires pour l'application de l'hémodynamomètre provoquent presque toujours une excitation réflexe, qui a pour effet d'accélérer le cours du sang et de relever brusquement la pression intravasculaire.

Voici deux autres tracés dont l'un a été pris dans la carotide à 13°8 R. et l'autre dans l'artère fémorale à 18°2. Le maximum a été atteint presqu'aussi vite et très rapidement dans les deux cas. Les oscillations cardiaques et respiratoires sont peu marquées, dans le tracé de la figure 3. La température buccale était déjà très élevée dans les deux cas. La pression a été trouvée égale à 10 centimètres dans la carotide et à $9^{cm}4$ dans la fémorale, en moyenne $\frac{10 + 9,4}{2} = 9^{cm}7$.

A des températures internes plus basses, dans la torpeur profonde, mais avec début bien net de réveil provoqué par l'opération, ainsi qu'on en peut juger par la rapidité et l'amplitude des mouvements du cœur, nous avons obtenu les graphiques des figures 4 et 5.

Le premier indique une pression intra-carotidienne de 7 centimètres, tandis que le second en montre une intra-fémorale de 8 centimètres. Cette différence est liée à celle de la température qui n'était plus la même dans ces deux expériences consécutives.

Si l'on compare les tracés des figures 4 et 5 avec ceux des tracés des figures 2 et 3, on constate que pour une augmentation moyenne de température rectale de 7°3, on a un accroissement de pression de $2^{cm}2$.

La pression intra-vasculaire atteint son maximum à la moitié

du réchauffement ou, en d'autres termes, au demi-réveil, pour baisser un peu ensuite jusqu'au réveil complet.

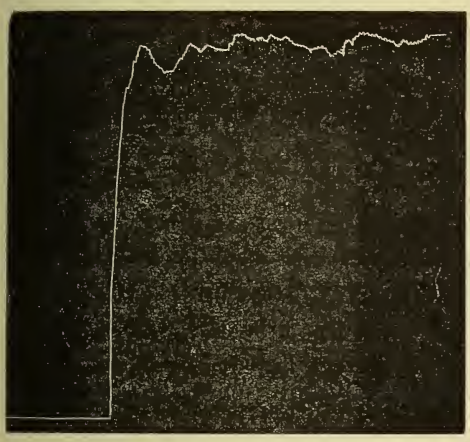


Fig. 2. — *Pression intra-carotidienne.* Temp. rect. = 13°8 ; temp. bucc. = 27°4.

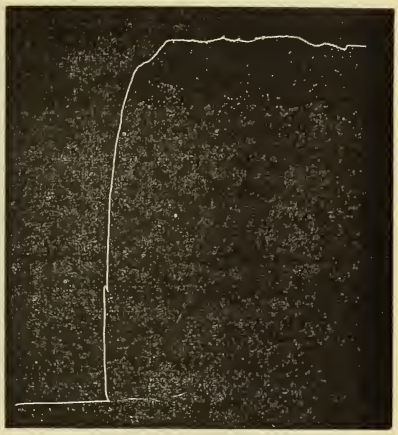


Fig. 3. — *Pression intra-fémorale.* Temp. rect. = 18°2 ; temp. bucc. = 29°2

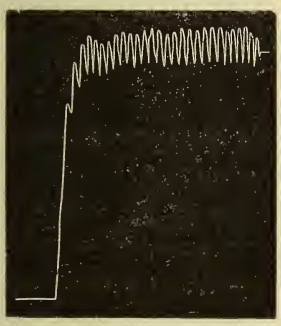


Fig. 4. — *Pression intra-carotidienne.* Temp. rect. = 7°8 ; temp. bucc. = 9 degrés.

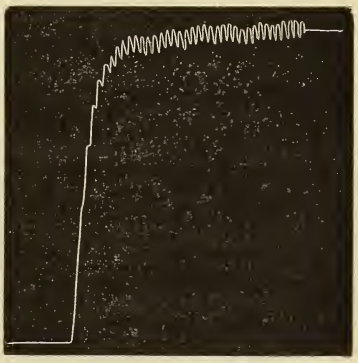


Fig. 5. — *Pression intra-fémorale.* Temp. rect. = 9°6 ; temp. bucc. = 15 degrés.

Les chiffres qui correspondent aux graphiques de la figure 1 le prouvent déjà.

Mais voici deux graphiques pris, l'un (fig. 6) à la température rectale de 24 degrés et buccale de 30°4 dans la carotide n'indiquant plus qu'une pression de 7 centimètres de mercure,

et l'autre (fig. 7), pris à 26 degrés rect. et à 32 degrés bucc. dans la fémorale montrant également une pression de 7 centimètres, qui prouvent que la pression n'augmente pas progressivement jusqu'au réveil.

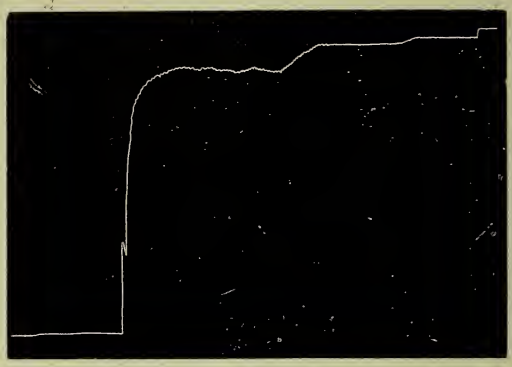


Fig. 6. — *Pression intra-carotidienne.*
Temp. rect. = 24 degrés; temp. bucc. = 30°4.

Dans un cas où la température rectale était de 30 degrés et celle de la bouche de 33 degrés, il y avait dans la carotide une pression de $6^{cm}4$ seulement.

La pression peut s'élever jusque vers 20 degrés dans le rectum et 27°4 dans la bouche, comme le montre l'observation suivante :

4 h. 15	minutes	Temp. rect. =	12°;	Temp. buc. =	14,2;	P. =	$7^{cm}8$
5 h. 20	—	—	15°2	—	24	—	$9^{cm}3$
5 h. 55	—	—	20°	—	27,4	—	9,5 à 10^{cm}.

Chez une autre Marmotte, j'ai relevé les chiffres suivants :

4 h.	Temp. rect. =	15°	; Pression =	11cm. 6	batt. du cœur	inv.
7 h. 15	—	20°	—	12cm.	battements	visibles.
Le lendemain	—	36°4	—	9cm.	—	—

Le lendemain, la pression, en plein état de veille, avait baissé de 3 centimètres malgré une élévation de température de 16°4.

Les figures 10, 8 et 9 indiquent des pressions prises à des

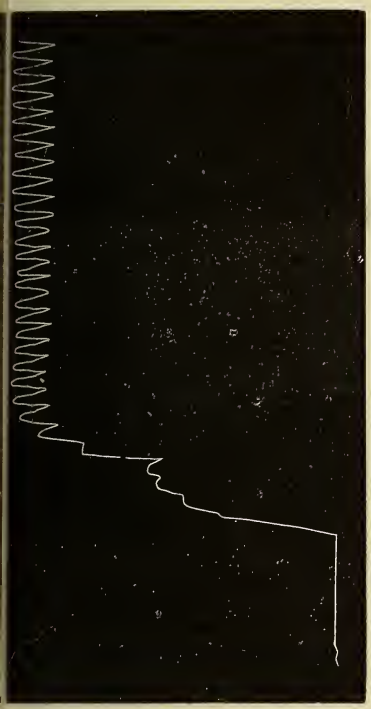


Fig. 8. — *Pression intra-carotidienne.*
Temp. rect. = 11°8.

Fig. 10. — *Pression intra-carotidienne.*
Temp. rect. = 7°8.

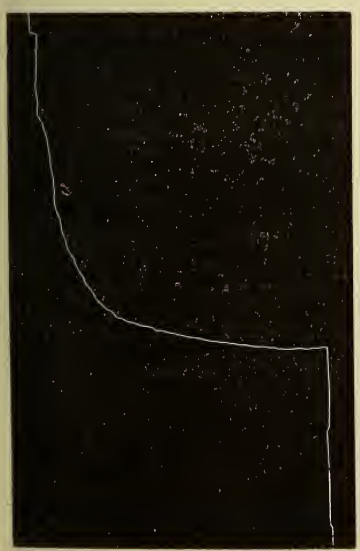


Fig. 7. — *Pression intra-fémorale.*
Temp. rect. = 26 degrés ; temp. bucc. = 32 degrés.

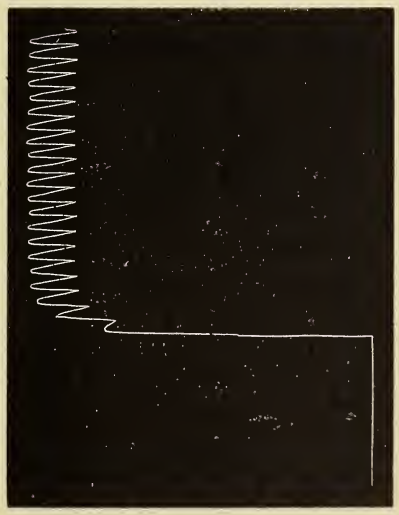


Fig. 9. — *Pression intra-carotidienne.*
Temp. rect. = 15 degrés.

températures rectales de 7°8, de 11°8 et de 15 degrés. On voit que les mouvements du cœur peuvent être plus rapides au début du réchauffement, mais que leur amplitude est moindre.

Des faits exposés dans ce chapitre, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° *Nos observations et nos expériences ont été faites dans des conditions permettant rigoureusement de les comparer entre elles et se rapprochant beaucoup de celles de l'état naturel ;*

2° *Les phases de sommeil et de réveil ne se présentent pas simultanément chez tous les sujets. Les conditions cosmiques autres que les grandes variations de température du milieu ambiant n'ont aucune influence sur ces phases, en captivité ;*

3° *Au commencement de l'hivernation les phases de sommeils continus deviennent progressivement de plus en plus longues, de moins en moins nombreuses, par conséquent, et les réveils proportionnellement rares et courts. A la fin de l'hivernation c'est l'inverse. Il y a, en captivité, des sommeils continus de trois à quatre semaines coupés seulement par un réveil de douze à vingt-quatre heures de durée dans la période d'état qui s'étend de la fin des quinze premiers jours à celle des quinze derniers de l'hivernation ;*

4° *La Marmotte qui s'endort se comporte comme un homme luttant contre un sommeil invincible ;*

5° *Sauf pendant la torpeur, le sommeil hivernal présente les mêmes caractères que le sommeil naturel ;*

6° *La disparition et la réapparition de la motilité et de la sensibilité se font dans le même ordre que chez les sujets soumis à l'action des anesthésiques généraux ;*

7° *La durée des phases de sommeil est diminuée par des excitations répétées, incapables de provoquer immédiatement le réveil ;*

8° *Les Marmottes, en captivité, supportent sans accidents la diète absolue pendant six mois ;*

9° *Pendant la léthargie, on trouve toujours des liquides dans l'intestin. L'estomac particulièrement renferme une liqueur qui rappelle celle de la gastrorrhée des alcooliques ou des sujets anesthésiés ;*

10° *La digestion peut être ralentie pendant le sommeil hivernal, mais elle n'est pas impossible ;*

11° *L'absorption est très diminuée pendant la torpeur ;*

12° *La circulation est très ralentie dans le sommeil profond ; mais elle est plus rapide au moment du demi-réveil que dans l'état de veille ;*

13° *Le sang, dans la torpeur, reflue de l'extérieur vers l'intérieur, le cœur et les gros vaisseaux du thorax et de l'abdomen sont exceptionnellement développés chez la Marmotte comparée aux Rongeurs non hivernants ;*

14° *La circulation n'est complètement suspendue dans aucune partie du corps, pas même dans le rein, pendant la léthargie ;*

15° *Il existe de larges anastomoses entre le système porte et le système cave ;*

16° *Il n'y a aucune congestion du cerveau ou de ses enveloppes pendant le sommeil, au contraire : on ne constate, dans cet état, aucun mouvement du cerveau ;*

17° *Dans la torpeur, le péritoine renferme beaucoup de lymphe. On n'en trouve dans les vaisseaux lymphatiques que pendant le réveil ou dans l'état de veille ;*

18° *La pression sanguine intra-vasculaire, faible dans le sommeil profond, atteint son maximum dans le demi-réveil pour baisser un peu ensuite dans la veille.*

CHAPITRE III

MOUVEMENTS CARDIAQUES ET RESPIRATOIRES DANS LE SOMMEIL, LE RÉVEIL ET LA VEILLE

Si la vitesse de la circulation et la pression intra-vasculaire peuvent être influencées par les changements de calibre des vaisseaux et par les modifications de la circulation lymphatique, il est certain que les mouvements cardiaques et respiratoires jouent aussi un grand rôle.

Sur la Marmotte, les battements du cœur sont facilement explorés en plantant une aiguille dans le cœur : elle peut y rester pendant plus de vingt-quatre heures sans interrompre le sommeil : on a même vu celui-ci devenir ensuite plus profond.

Dans la torpeur profonde, les battements du cœur sont rares et faibles. On parvient souvent à en compter trois ou quatre par minute, mais on ne peut guère les enregistrer : ils accompagnent alors les mouvements respiratoires. La figure 11 montre deux graphiques respiratoires pris au moment où le cœur battait quatre fois par minute, la température rectale ne dépassant pas 11 degrés et la température buccale 11°6. Les

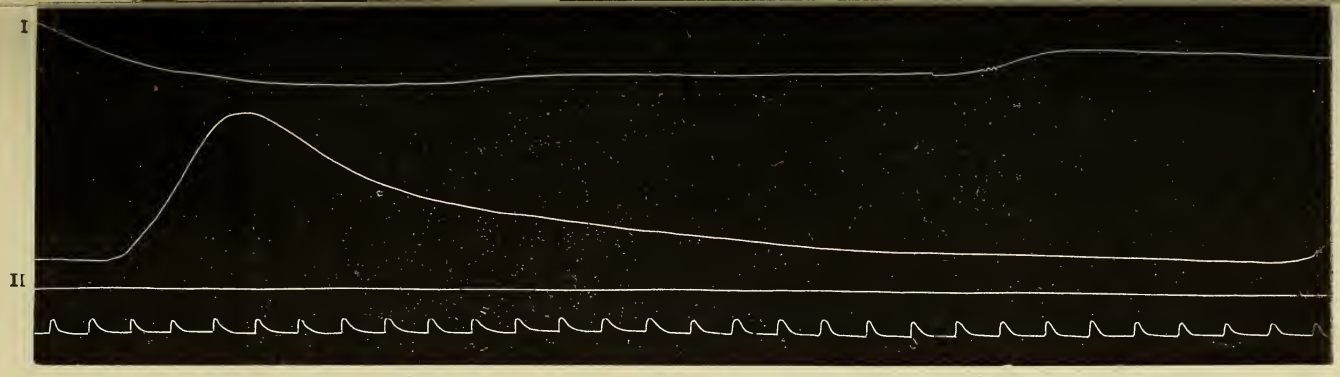


Fig. 11. — Deux courbes respiratoires thoraciques prises dans le sommeil profond, le cœur battant 4 fois par minute. Le graphique inférieur indique, par l'amplitude de la courbe, que l'animal a été excité par l'exploration cardiaque.

Fig. 12. — Courbe I. *Graphique du cœur* (la systole est indiquée par la descente de la courbe).
Courbe II. *Graphique respiratoire* (l'inspiration est indiquée par l'ascension de la courbe).

Fig. 13. — Courbe I. *Graphique cardiaque.* — Courbe II. *Graphique respiratoire.*

temps étant inscrits en demi-secondes, on voit qu'il y avait quatre respirations par minute.

Les battements du cœur sont alors plus longs; la durée de la systole est plus courte que celle de la diastole.

Les excitations extérieures provoquent l'augmentation du nombre et de l'amplitude des mouvements cardiaques et respiratoires.

Selon Valentin, il n'y aurait pas de rapport absolu entre les battements du cœur et les respirations ; pourtant le plus souvent, c'est l'inspiration qui commence et le cœur qui suit, l'arrivée du sang frais augmentant la tonicité cardiaque, comme le prouve l'augmentation de la pression intra-vasculaire après une forte inspiration.

Le cœur de la Marmotte, en léthargie, peut continuer à battre pendant deux ou trois heures et quelquefois le double de temps après l'ouverture de la cage thoracique, alors que les battements cessent très rapidement chez l'animal éveillé. Il y a donc dans le sommeil une grande indépendance possible entre le cœur et la respiration : pourtant, si on lie la trachée d'une Marmotte endormie, elle pourra rester assez longtemps en sommeil et, de temps en temps, montrer des mouvements respiratoires de la cage thoracique : malgré l'absence de pénétration de l'air, chaque respiration est suivie d'une accélération des battements.

Dans le sommeil, non seulement les battements du cœur et les mouvements respiratoires peuvent n'être pas toujours isochrones, mais encore on constate souvent un écart considérable entre le nombre des uns et des autres : c'est qu'alors il y a eu une excitation, soit capable d'amener le réveil, soit seulement assez passagère et assez légère pour ne pas produire ce résultat.

En prenant simultanément un graphique cardiaque et un graphique respiratoire sur une Marmotte pendant que sa température rectale s'élevait de 11°8 à 12°6, nous avons obtenu la figure 12 montrant qu'il y avait 52 battements du cœur pour

15 à 16 respirations par minute. Les inspirations augmentaient très notablement l'amplitude des battements chaque fois qu'elles se produisaient.

La figure 13 renferme également des graphiques cardiaque et respiratoire pris au début du réveil pendant que la température de l'animal montait de 11° à 13°4. Il y avait 80 battements du cœur pour 24 respirations environ. Bien que ces chiffres soient un peu plus élevés que dans l'observation précédente, le rapport est le même : 1 :: 3, 3.

Le nombre et l'amplitude des battements du cœur augmentent assez rapidement au commencement du réchauffement, en même temps que leur durée diminue. Les graphiques 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 de la figure 14 ont été pris sur une Marmotte dont la température s'élevait dans le rectum de 11° à 11°6 et dans la bouche de 11°6 à 12°4.

La figure 15, qui n'est que la continuation de la précédente, montre que pendant cette même période, il se produit des intermittences des battements cardiaques très nettement indiqués dans les tracés 5 et 6 et de grandes modifications de l'amplitude correspondant à de profondes inspirations.

Dans les figures 16 et 17, on voit des irrégularités, ou plutôt de nombreuses modifications des mouvements du cœur coïncidant avec des modifications des mouvements respiratoires. L'amplitude des premiers augmente manifestement avec l'inspiration, pour diminuer après elle. La température de la Marmotte en expérience n'était que de 12 degrés dans le rectum, mais elle avait 22 degrés dans la bouche.

Les graphiques de la figure 18 pris à une température de 12°6 dans le rectum, et ceux de la figure 19 relevés à une température de 12°6 dans le rectum et de 16°4 dans la bouche indiquent des phénomènes de même ordre que ceux qui viennent d'être signalés.

A des températures plus élevées, les battements du cœur et les mouvements respiratoires se régularisent, leur nombre augmente avec leur amplitude, figures 20, 21, 22.

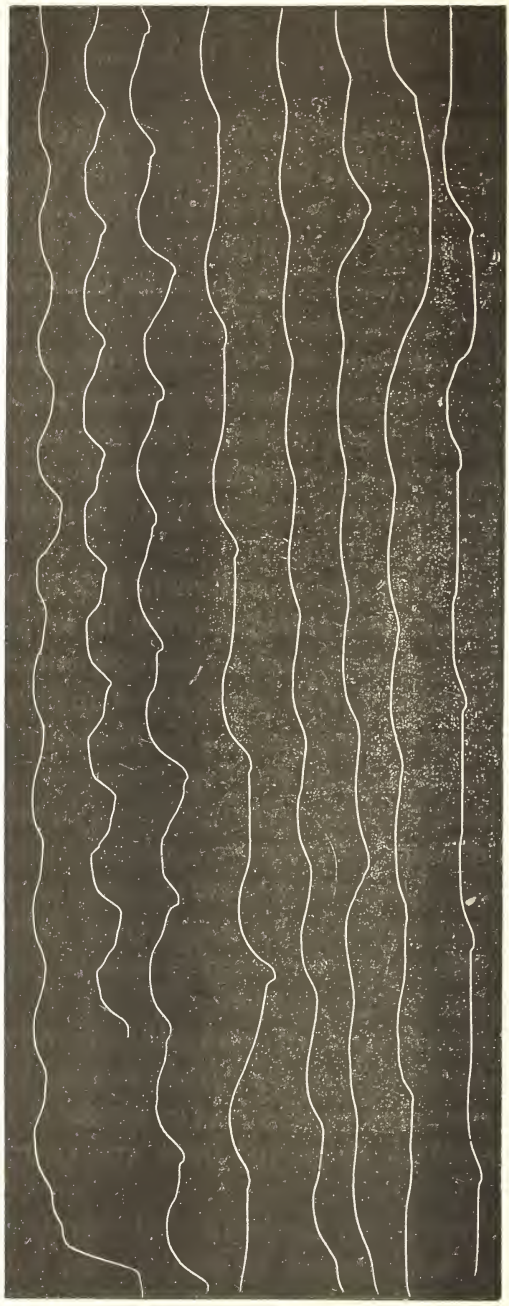


Fig. 14. — *Tracés cardiaques 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, montrant l'augmentation du nombre et de l'amplitude des battements du cœur chez une Marmotte, au début du réveil.*

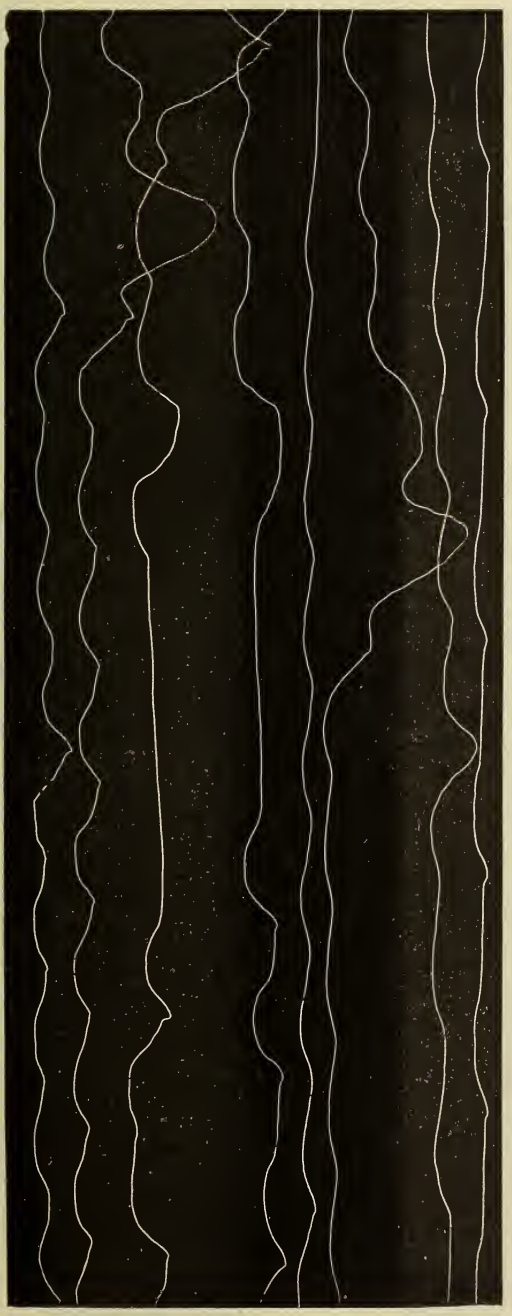


Fig. 15. — *Graphiques cardiaques* (continuation de la fig. 14) *montrant en 5 et 6 des intermittences et, en 3 et 7, de grands changements d'amplitude dus à de fortes inspirations.*

Fig. 16.

Fig. 17.

FIG. 18 — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*

FIG. 19. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 12°6; temp. bucc. = 16°4.

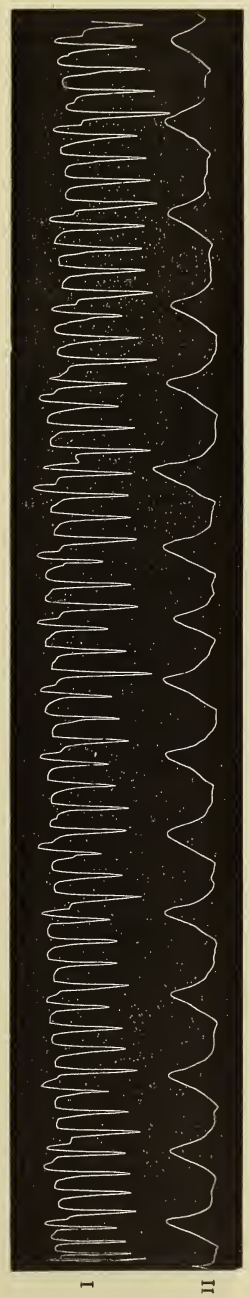


FIG. 20. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 13°; temp. bucc. = 18°6.

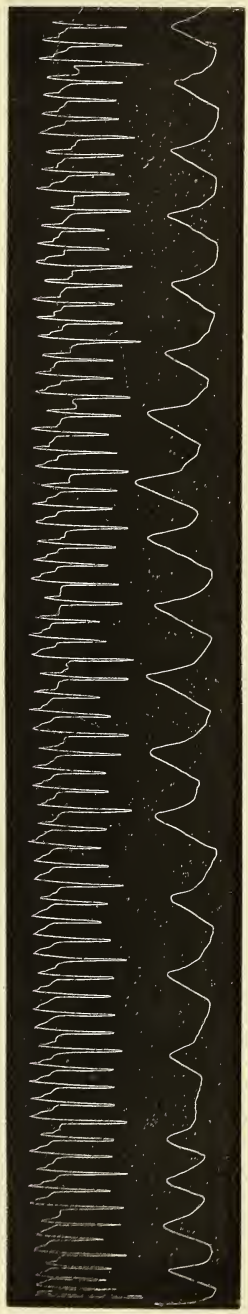


Fig. 21. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire*
Temp. rect. = 13°4; temp. bucc. = 22°.

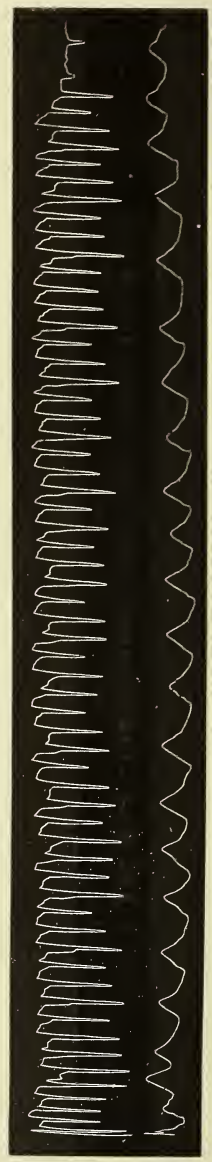


Fig. 22. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire*
Temp. rect. = 14°8; temp. bucc. = 27°.

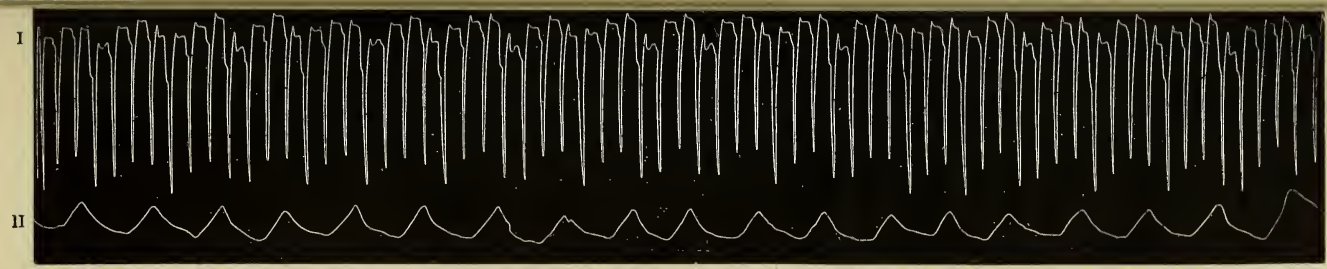


Fig. 23. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 18°4; temp. bucc. = 29°2.

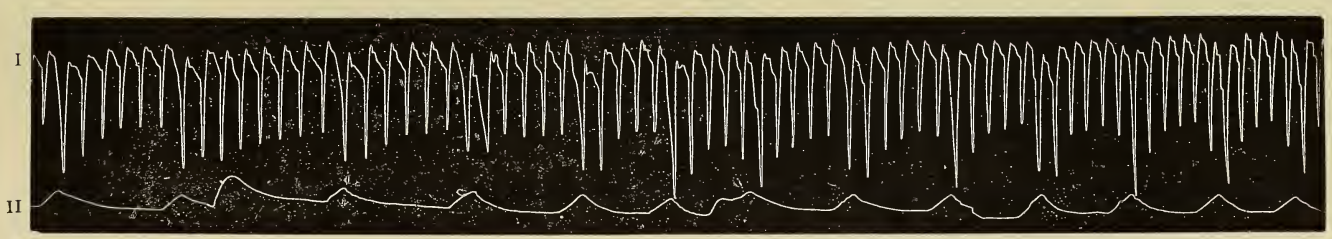


Fig. 24. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 22°; temp. bucc. = 31°2.

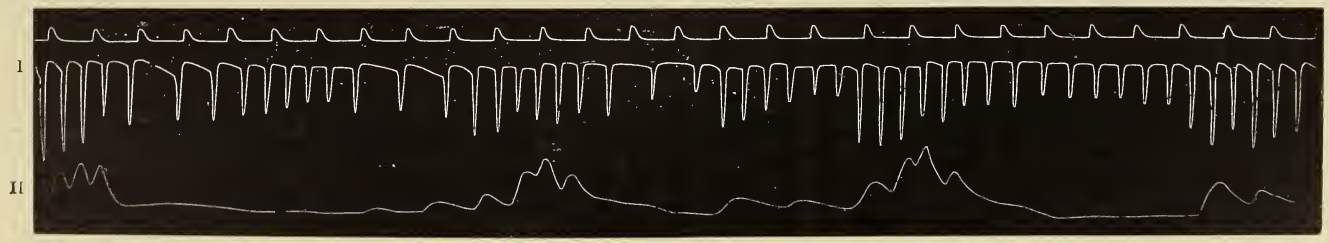


Fig. 25. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 31°; temp. bucc. = 33°.

Vers le milieu du réveil, le travail du cœur augmente : le nombre et l'amplitude des battements s'accroissent. Les mouvements de la cage thoracique perdent un peu de leur amplitude en s'accélérant, comme le font voir les graphiques des figures 23 et 24.

Vers la fin du demi-réveil, on observe le type respiratoire du graphique de la figure 25. Les mouvements respiratoires peuvent devenir plus amples, plus rares, mais ils sont hésitants par suite du tremblement des muscles. Les battements du cœur sont moins amples et moins nombreux. L'influence de l'inspiration sur leur amplitude se fait toujours sentir.

Dans d'autres cas, à la même température interne, les mouvements cardiaques et respiratoires tout en étant moins amples restent rapides et réguliers (v. fig 26).

Les battements du cœur continuent à être assez complets vers la fin du réveil, mais ils sont plus espacés (v. fig. 27). Cette modification est surtout marquée le lendemain, dans l'état de veille complète (v. fig. 28).

Le tableau suivant indique le nombre des battements du cœur et des mouvements respiratoires aux différents degrés de température interne de la Marmotte qui se réchauffe ou, autrement dit, aux diverses phases du réveil. Ces chiffres sont fournis par l'observation du sujet qui a donné les graphiques des figures 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28.

Heures	Temp. r.	Temp. b.	Resp.	B. du cœur	Figures
2 h. 15	11°	11°6	2	15	
30	11,6	12,4			14 et 15
40	11,8	12,6	12	34	
50	12	13,4	16	48	
3 h.	12,2	14,6	26 irrég.	72	
15	12,6	16,4	36	92	19
30	13	18,6	36	140	20
40	13,4	22	36	152	21
4 h.	14,8	27	40	152	22
15	18,4	29,2	48	132	23

Heures	Temp. r.	Temp. b.	Resp.	B. du cœur	Figures
4 h. 45	22	31.2	32	140	24
5 h. 15	31	33,2	24	140	25
45	31.2	33	20	140	26 et 27
Le lendemain	36	36,2	16	88	28

Pour bien se rendre compte des modifications des mouvements respiratoires pendant le réveil, il faut les étudier isolément, les explorations cardiaques étant susceptibles de troubler un peu le mécanisme normal.

Dans la période d'état de profonde léthargie, quand le sommeil n'est pas troublé, il n'y a par minute que 1, 2, 3 à 4 mouvements respiratoires et ils sont si faibles qu'il est impossible de les enregistrer. Ce n'est guère qu'entre les températures rectales de 10 à 15 degrés qu'on peut obtenir des graphiques assez caractérisés.

Les tracés de la figure 29 montrent que vers 15 degrés, si l'animal n'est pas entré dans la période de réveil, l'amplitude de la respiration thoracique est à peu de chose près la même que celle de la respiration abdominale. L'inspiration abdominale précède d'une à deux secondes l'inspiration thoracique et finit quelques secondes plus tard. On voit aussi que la durée de l'inspiration est environ deux ou trois fois moindre que celle de l'expiration. Cette observation montre, en outre, que le sommeil profond avec une respiration très faible et surtout très ralentie, puisqu'il n'y a que deux à trois mouvements respiratoires environ par minute, est compatible avec une température interne déjà élevée, pourvu qu'elle soit assez voisine de celle du milieu extérieur.

La même Marmotte ayant été excitée a commencé à se réveiller et, alors que sa température rectale n'était encore que de 15°5, elle a donné le graphique de la figure 30 où l'on voit que déjà le nombre des mouvements respiratoires a au moins doublé tandis que leur amplitude a considérablement augmenté. Il est à noter que c'est l'amplitude de la respiration thoracique qui s'accroît principalement.

Fig. 26. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 31°; temp. bucc. = 33°.

Fig. 27. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 31°; temp. bucc. = 33°.

Fig. 28. — I. *Graphique cardiaque.* — II. *Graphique respiratoire.*
Temp. rect. = 36°.

Fig. 29. — I. *Tracé thoracique.* — II. *Tracé abdominal.*
Petite Marmotte très engourdie. — Temp. rect. = 15°.

Fig. 30. — I. *Graphique thoracique.* — II. *Graphique abdominal.*
Temp. rect. = 15°5.

Fig. 31. — I. *Graphique abdominal.* — II. *Graphique thoracique.*
Temp. rect. = 15°.

Chez une autre Marmotte, dont la température rectale était de 15 degrés et qui se trouvait au début du réveil, j'ai observé également cette particularité. En outre, les expirations devenaient plus longues que les inspirations après avoir été, à un certain moment, à peu près égales à ces dernières (v. fig. 31). Les respirations étaient plus nombreuses, il y en avait environ 36 par minute. Il convient de faire observer que l'amplitude des mouvements pouvant croître avec leur nombre, on ne peut admettre qu'il y ait obstacle mécanique à la circulation de l'air. A la température rectale de 35°5, l'amplitude des mouvements respiratoires avait considérablement diminué (v. fig. 32).

Voici une série de graphiques pris sur une autre Marmotte.

Le thermomètre dans le rectum marquait 15°2, il y avait 7 respirations par minute. La durée de l'inspiration abdominale était de deux secondes et demi et à trois secondes, l'expiration durait six secondes. Pour le mouvement thoracique, la durée de l'inspiration était d'une seconde et celle de l'expiration de cinq secondes environ. L'amplitude des deux mouvements était à peu près égale. Sur la plupart des graphiques, l'inspiration abdominale paraît précéder d'une à deux secondes l'inspiration thoracique (v. fig. 32).

Les graphiques pris sur la même Marmotte entre 17 et 19 degrés rect. montrent que l'amplitude et le nombre des respirations se sont accrus beaucoup : ils indiquent environ 35 respirations par minute (v. fig. 34).

Dans beaucoup de points, il semble que l'inspiration abdominale avance sur la thoracique et se termine avant celle-ci : elle est brève : il peut pour ce motif, se produire par instant une respiration en bascule.

A 23 degrés rect., le nombre des mouvements avait augmenté, mais leur amplitude était moindre (v. fig. 35).

Cette modification était plus accentuée encore à 28 degrés rect. ainsi que le fait voir la figure 36. On y remarque une profonde inspiration ; c'est un véritable soupir : ils sont fréquents à cette période du réveil.

Fig. 32. — I. *Graphique abdominal.* — II. *Graphique thoracique.*
Temp. rect. = 35°5.

Fig. 33. — I. *Graphique abdominal.* — II. *Graphique thoracique.*
Temp. rect. = 15°2.

Fig. 34. — I. *Graphique abdominal.* — II. *Graphique thoracique.*
Temp. rect. = 17 à 19°.

Fig. 35.

Fig. 36. — I. *Graphique abdominal.* — II. *Graphique thoracique.*
Temp. rect. = 28°.

Fig. 37. — *Réflexes respiratoires provoqués par les piqûres des pattes postérieures R et des pattes antérieures R' d'une Marmotte éveillée ayant une température rectale de 37°8.*

Les trois figures suivantes montrent bien nettement l'action des excitations périphériques sur la respiration.

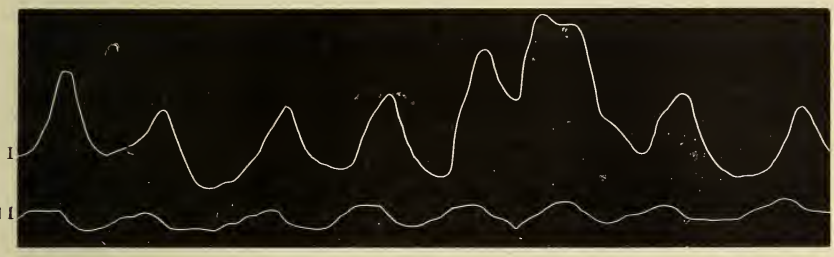


Fig. 38. — *Réflexes diaphragmatiques provoqués par l'excitation de la vessie par simple contact chez une Marmotte en sommeil. — Pas de réaction thoracique. — I. Graphique abdominal. — II. Graphique thoracique.*

Fig. 39. — *Même effet réflexe produit par l'excitation de la vessie par un courant faradique.*

L'excitation du rectum et de la vessie provoque encore des réflexes respiratoires quand celle des autres points n'en donne plus.

Les faits exposés dans ce chapitre permettent les conclusions suivantes :

1° *Le cœur de la Marmotte tuée pendant la torpeur peut battre régulièrement pendant trois heures et plus après la mort, comme celui d'un animal à sang froid. Le cœur de la Marmotte éveillée meurt comme celui des animaux à sang chaud, très rapidement ;*

2° *L'arrivée du sang dans le cœur l'excite et augmente sa tonicité. Une forte inspiration est toujours accompagnée ou suivie d'une systole puissante et d'une augmentation de pression intra-artérielle, surtout pendant le réveil;*

3° *Dans la profonde torpeur, les mouvements du cœur sont longs, très rares, très faibles et isochrones avec les mouvements respiratoires si l'animal ne reçoit aucune excitation;*

4° *Sous l'influence d'une excitation, même légère et assez passagère pour ne pas provoquer le réveil, il se produit une augmentation du nombre et de l'amplitude des mouvements cardiaques et respiratoires, en même temps que leur durée diminue. On peut constater alors un écart assez grand entre les uns et les autres : jusqu'au milieu du réveil, le nombre de mouvements respiratoires est à celui des mouvements du cœur comme 1 est à 3 environ;*

5° *Le travail du cœur et des muscles thoraciques va en augmentant jusque vers le milieu du réveil, pour diminuer vers la fin. Il est toujours plus considérable pendant le réveil que dans l'état de veille confirmé;*

6° *Dans la torpeur profonde, les mouvements respiratoires thoraciques et abdominaux ont à peu près la même amplitude. Dans le réveil, l'ampleur des mouvements thoraciques l'emporte sur celle des mouvements abdominaux;*

7° *Dans certains cas, les mouvements abdominaux avançant sur les thoraciques, il se fait une respiration en bascule;*

8° *De temps à autre, il se produit pendant le réveil de profonds soupirs thoraciques. Une excitation périphérique suffisante amène toujours un double soupir thoracique et abdominal. L'excitation légère de la vessie détermine dans l'état de torpeur un ou plusieurs soupirs diaphragmatiques. Les réflexes respiratoires sont très facilement et très tard encore provoqués par l'excitation du rectum et de la vessie.*

CHAPITRE IV

VENTILATION PULMONAIRE ET ÉCHANGES RESPIRATOIRES

L'examen des graphiques de la figure 1, montre bien nettement les modifications de la ventilation pulmonaire.

Ces graphiques correspondent aux moments et aux températures internes suivantes :

Numéros	Température rectale	Heures
—	—	—
I	11°8	1^h45^m
II	17°	3 20
III	22°	3 40
IV	27°	4 10
V	32°	4 30
VI	34°4	5 30
VII	35°4	5 40

Ils ont été obtenus en inscrivant sur le cylindre de Marey, pendant des temps égaux, les mouvements de descente d'un gazomètre très bien équilibré renfermant l'air destiné à alimenter la respiration de l'animal, qui l'expirait au dehors. On voit de suite que l'importance de la ventilation est à peu près la même au commencement et à la fin du réveil : elle a atteint et conservé son maximum entre 17 et 27 degrés, c'est-

à-dire dans la période moyenne du réveil pour diminuer ensuite.

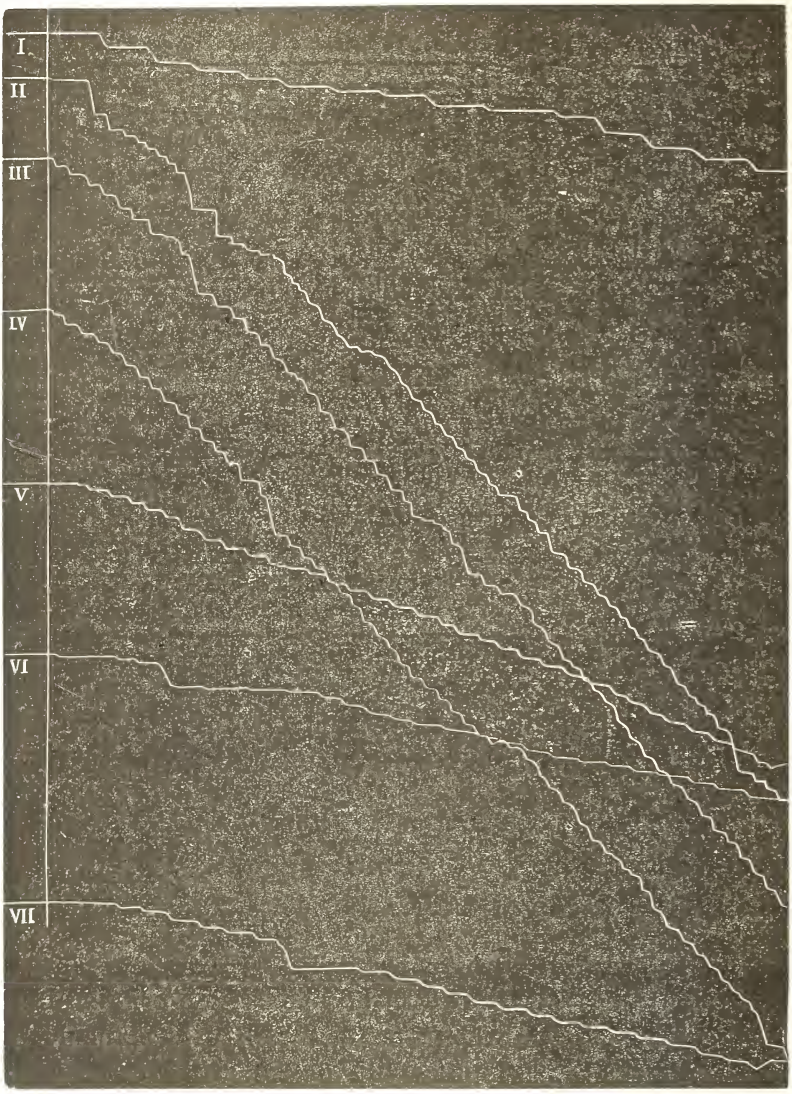


Fig. 40. — *Graphiques de la ventilation pulmonaire pendant un réveil.*

Au moyen du même gazomètre rempli d'oxygène pur, dans lequel le gaz respiré était ramené, après avoir été dépouillé de

son acide carbonique, j'ai obtenu la série de graphiques de la figure 2 qui indique la rapidité relative de l'absorption de l'oxygène aux divers temps du réveil. La Marmotte en expérience pesait 3007 grammes.

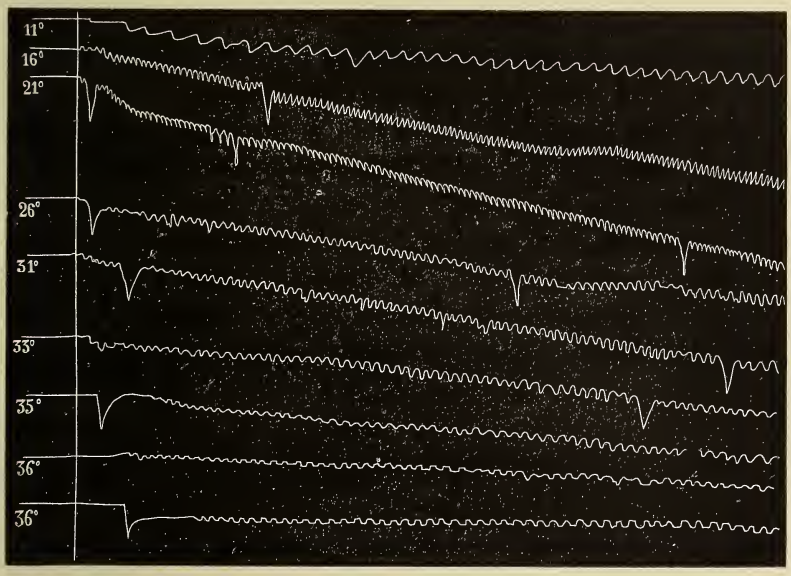


Fig. 41. – *Graphiques de l'absorption de l'oxygène aux divers moments du réveil.* — Température extérieure = 11°6

Voici les températures internes et les quantités d'oxygène absorbé correspondant aux différents moments où ont été pris les graphiques :

Heures	Température rectale	Litres
—	—	—
2h30m	11°	0,53
4 10	16°	1,40
4 40	21°	1,80
5	26°	1,20
5 15	31°	1,20
5 30	33°	0,81
5 50	35°	0,60
6 10	36°	0,35
6 20	36°	0,35

On voit par le premier tracé pris à la température rectale de 11 degrés, au commencement du réchauffement, que la Marmotte à ce moment, consomme déjà plus d'oxygène dans le même temps que lorsqu'elle est réveillée avec une température rectale de 36 degrés. La consommation va en augmentant de rapidité jusque vers la période moyenne de réveil.

La figure 2 permet également de suivre facilement les variations de l'amplitude et de la rapidité de la respiration, en fonction de la température interne de l'animal.

Le tableau p. 69 renferme aussi des chiffres indiquant la consommation d'oxygène par heure aux diverses températures d'une Marmotte adulte en réveil : ils montrent, comme les graphiques, que celle-ci a été en croissant, jusqu'à un maximum situé vers le milieu du réveil, pour diminuer ensuite jusqu'au réveil complet.

Les expériences de Regnault et Reiset (71) établissent que la consommation de l'oxygène est beaucoup plus grande pendant le réveil que dans l'état de veille, et Marès (128) trouve que le Spermophile absorbe, à ce moment, en moyenne, $5^{gr}9$ d'oxygène par kilogramme et par heure, contre $3^{gr}3$ du même gaz dans l'état normal. Mais Marès a dû se tromper en disant que, pendant le réchauffement, la respiration augmentait surtout à partir de 20 degrés jusqu'au réveil complet.

La Marmotte endormie consomme, d'après Regnault et Reiset, 30 fois moins d'oxygène qu'à l'état de veille et, suivant Valentin, 41 fois moins. Voit a trouvé des chiffres analogues.

L'élimination de l'acide carbonique subit des fluctuations qui n'ont pas été assez étudiées.

Tous les auteurs sont d'accord cependant pour déclarer qu'il y a pendant le sommeil profond plus d'oxygène absorbé qu'on n'en retrouve dans l'acide carbonique éliminé. L'abaissement du quotient $\frac{CO^2}{O}$ est d'autant plus prononcé que la torpeur est plus profonde ou, ce qui revient au même, la température

Gaz de la respiration d'une Marmotte adulte pendant un réveil.

Températures		Nombre de respirations par minute	Ventilation quantité d'air par heure	Pour 100 volumes de gaz à 0 et à 76 degrés		Pendant une heure		Différences entre oxygène absorbé et acide carbonique dégagé en une heure	Quotients $\frac{Co^2}{O}$
Bouche	Rectum			Oxygène absorbé	Acide carbonique dégagé	Oxygène absorbé	Acide carbonique dégagé		
degrés	degrés		litres	centim. cubes	centim. cubes	litres	litres		
8	7,4	4	11,2	5,6	4,8	0,627	0,537	0,090	0,858
12,8	8,8	24	32,7	4,6	4,1	1,504	1,340	0,164	0,890
18,4	9,4	26	45,9	7	6,5	3,213	2,983	0,250	0,928
28,4	12,4	34	52,6	6,8	6,1	3,576	3,208	0,368	0,897
34	17,6	36	45,9	6,3	6	2,891	2,754	0,137	0,952
34,4	26	36	36	6,5	5,6	2,340	2,010	0,330	0,838
35,4	34,2	36	32,2	6,4	5,6	2,060	1,793	0,267	0,870
35,2	33,2	20	17,4	6,9	6,05	1,078	1,052	0,026	0,975

interne plus basse. Regnault et Reiset l'ont vu descendre jusqu'à 0,4.

Divers expérimentateurs ont noté la même diminution du quotient $\frac{CO^2}{O}$ dans le sommeil normal chez l'homme : nouvelle preuve de l'identité de ce dernier avec le sommeil hivernal. Ils en ont conclu, à tort, que de l'oxygène s'accumulait dans le sang pendant le sommeil ordinaire.

Valentin a vu qu'à la fin du neuvième jour de sommeil, chez une Marmotte qui était près de son réveil, c'était le contraire qui se produisait, la quantité d'acide carbonique exhalé dépassait celle de l'oxygène absorbé.

D'après Marès, l'exhalation de l'acide carbonique serait plus grande pendant le réveil que l'absorption de l'oxygène : 5.9 : : 6.3 : elle serait plus considérable aussi que dans l'état normal de veille : 6.3 : : 3.9. Il trouve également que, dans l'état de veille, le Spermophile absorbe moins d'oxygène qu'il n'élimine d'acide carbonique.

Voit observe que dans l'état de somnolence la quantité d'acide carbonique exhalé est plus grande que celle de l'oxygène absorbé.

Valentin parle dans le même sens, puisqu'il prétend que, dans l'état de veille, la Marmotte élimine 75 fois plus d'acide carbonique et absorbe seulement 41 fois autant d'oxygène que dans l'état de sommeil.

Les chiffres contenus dans le précédent tableau montrent que la quantité d'acide carbonique éliminé est toujours moindre que la quantité d'oxygène absorbée pendant toute la durée du réveil et, en outre, qu'elle croît et décroît avec cette dernière comme la ventilation pulmonaire.

Si l'on trouve dans un réveil plus d'acide carbonique exhalé que d'oxygène absorbé, cela tient à ce qu'une forte proportion d'acide carbonique est expirée à la fin du sommeil, avant que le réchauffement de l'hivernant commence. Cette phase manque dans notre expérience, qui avait nécessité une

trachéotomie ; à la première prise de gaz, l'animal était déjà en voie de réchauffement.

Horwath (100) a trouvé, chez le Ziesel en torpeur, que la quantité d'eau éliminée était à peu près égale à celle de l'acide carbonique exhalé, tandis qu'elle devenait 5 fois moins grande, proportionnellement, dans l'état de veille. Je suis arrivé à peu près aux mêmes résultats qu'Horwath et j'ai de plus constaté que, pendant le réveil, la proportion d'eau éliminée était presqu'aussi faible que dans l'état de veille. Dans le même temps, la Marmotte qui se réveille rejette 11 fois plus d'acide carbonique que d'eau et celle qui est complètement en état de veille, 12 fois plus. Voit a bien remarqué que la Marmotte engourdie expire à peu près autant d'eau que d'acide carbonique, mais il dit, à tort, qu'il en est de même de la Marmotte éveillée. Chez une Marmotte somnolente, probablement en train de se réveiller, car elle remuait, il a reconnu cependant que la quantité d'acide carbonique éliminée était deux fois plus grande que celle de l'eau.

Les auteurs qui ont dit que le quotient $\frac{CO^2}{O}$ baissait pendant le sommeil, et expliqué ce phénomène par l'accumulation hypothétique de l'oxygène dans le sang, auraient dû chercher s'il ne coïncidait pas avec des modifications de la nutrition.

Nous verrons bientôt que la Marmotte en hivernation consomme surtout de la graisse et du glycogène. Or, on sait que dans la combustion des sucres ou des aliments hydrocarbonés le quotient respiratoire $\frac{CO^2}{O} = 1$, tandis que dans la combustion des graisses $\frac{CO^2}{O} = 0{,}55$: CO^2 ne représente plus ici que la moitié du volume de O absorbé parce qu'une grande partie de ce dernier gaz est employée pour former H^2O.

Que nous montrent nos expériences et celles de nos prédécesseurs ?

C'est que, d'une part, le quotient respiratoire s'abaisse vers 0,5, puisque Regnault et Reiset l'ont trouvé égal à 0,4, pendant le sommeil et que, d'autre part, le poids d'eau éliminée devient presque aussi grand que celui de l'acide carbonique excrété. N'est-ce pas là ce qu'indique la théorie dans la combustion des corps gras et peut-on s'empêcher d'admettre que c'est sa graisse que la Marmotte consomme dans la torpeur.

Mais, pendant le réveil et l'état de veille, le contraire se produit et le quotient respiratoire tend vers l'unité en même temps que la proportion d'eau éliminée par les voies respiratoires diminue, parce qu'à ce moment, ce sont des substances hydrocarbonées qui sont consommées. Nous trouverons plus loin des preuves irréfutables de cette nouvelle manière d'interpréter les faits observés par divers expérimentateurs.

Peut-être que pendant la veille il y a, à la fois, consommation directe de graisse et de matières hydrocarbonées, puisqu'on sait que pendant le travail, le quotient tend à se rapprocher de plus en plus de l'unité, quelle que soit l'alimentation, mais dans la torpeur, il ne saurait y avoir d'hésitation.

Les faits exposés dans le chapitre IV autorisent les conclusions suivantes:

1° *La ventilation pulmonaire augmente beaucoup au début du réveil;*

2° *Elle est à peu près la même au commencement et à la fin du réveil;*

3° *Le maximum de ventilation correspond à la période moyenne du réveil;*

5° *Les variations de l'absorption de l'oxygène, pendant le réveil, suivent celles de la ventilation;*

6° *La Marmotte, en torpeur, consomme très peu d'oxygène, 30 à 40 fois moins qu'à l'état de veille;*

7° *Elle absorbe cependant plus d'oxygène qu'elle n'en rend sous forme d'acide carbonique : le quotient* $\frac{CO^2}{O}$ *se rapproche de 0,5 ;*

8° *Dans l'état de réveil et de veille, le quotient* $\frac{CO^2}{O}$ *tend vers l'unité ;*

9° *Ces deux dernières conclusions en autorisent une autre : dans la torpeur, ce sont principalement des corps gras qui servent d'aliments respiratoires, tandis que dans la veille et surtout dans le réveil, ce sont des composés hydrocarbonés ;*

10° *Cette interprétation des faits, qu'il y a lieu de substituer à celle qui admet l'accumulation de l'oxygène dans le sang, pendant le sommeil, est renforcée par cette autre constatation, c'est que dans la torpeur, la proportion d'eau expirée est aussi considérable que celle de l'acide carbonique, alors que cette dernière devient* 10 *à* 12 *fois plus grande dans le réveil et la veille ;*

11° *Un peu avant le commencement du réchauffement, la Marmotte rejette plus d'acide carbonique qu'elle n'absorbe d'oxygène :* $\frac{CO^2}{O}$ *est passagèrement plus grand que l'unité.*

CHAPITRE V

VARIATIONS DE LA COMPOSITION DU SANG DANS LA VEILLE ET LE SOMMEIL

Les expérimentateurs qui se sont occupés des Mammifères hivernants n'ont pas étudié les gaz du sang : cependant, c'est un point capital pour l'explication des phénomènes intimes correspondant aux états de veille et de sommeil, et aux diverses modifications des fonctions étudiées dans les précédents chapitres.

Voici les chiffres qui nous ont été fournis par l'extraction des gaz du sang, pratiquée au moyen de la pompe à mercure, et leur analyse eudiométrique.

MARMOTTE	TEMPÉRATURE RECTALE	PROPORTIONS DE GAZ pour 100 centimètres cubes de sang			
Sang artériel de la carotide		O	CO^2	Az	Gaz total
2e jour de sommeil	10°4	15,44	63,23	2 »	80,67
10e — —	11°	18,06	73,06	1,96	93,08
10e — —	8°8	15,4	76,16	2 »	87,20
En état de veille.	35°8	15,30	41,33	2,2	58,83
Sang veineux de la jugulaire		O	CO^2	Az	Gaz total
10e jour de sommeil	13°6	6,05	74,05	2,5	82,60
En état de veille.	35°	8.75	52,33	2 »	63,08
LAPIN		O	CO^2	Az	Gaz total
Sang artériel de la carotide	. . . . .	11,81	23,63	2,5	37.94
		12,73	26,06	2.4	41,19

On voit, par ces chiffres, que la teneur en oxygène du sang artériel, pendant la période d'hivernation, est à peu près la même que dans l'état de veille et dans celui de torpeur. C'est une nouvelle preuve qu'on a eu tort de dire, en se basant sur le quotient respiratoire, que l'oxygène s'accumule dans le sang pendant le sommeil.

Le sang n'est pas partout artérialisé, comme on l'a affirmé d'après la couleur qu'il présente dans certains points ; car le sang veineux, pendant le sommeil, contient environ trois fois moins d'oxygène que celui des artères.

D'ailleurs, les hypothèses formulées d'après la couleur du sang ne sont pas justifiées, puisque le sang peut être très rouge et contenir beaucoup d'acide carbonique ; il suffit pour cela que l'oxyhémoglobine ne soit pas réduite ou même qu'elle le soit incomplètement.

Pendant la veille, la richesse du sang veineux en oxygène augmente, contrairement à ce que pouvait faire supposer l'analyse des gaz de la respiration.

Ce qu'il y a de très remarquable, c'est que la quantité d'acide carbonique est toujours considérable en état de veille et en état de torpeur, dans le sang artériel, comme dans le sang veineux : on était encore d'autant plus loin de s'attendre à cette constatation qu'on croyait à l'accumulation de l'oxygène dans le sang.

Cette particularité explique déjà, comme je le démontrerai plus tard, pourquoi les Marmottes ont plus de tendance à la somnolence et à l'hypothermie que d'autres animaux, quand la température extérieure s'abaisse. Mais la notion la plus importante qui se dégage des analyses, c'est que dans la veille la proportion d'acide carbonique est diminuée dans les deux sangs.

La remarque faite par Valentin et par moi, à propos des pressions intravasculaires, s'applique aux prises de sang. Ces dernières nécessitent également des opérations préalables déterminant la mise en train du réveil et du réchauffe-

ment, lesquels marchent en même temps. Si on pouvait extraire du sang des vaisseaux sans déranger l'animal de son sommeil tranquille, il est probable que les différences que je signale entre celui-ci et la veille, au point de vue des gaz, seraient encore plus accentuées.

La disparition d'une partie de l'acide carbonique accumulé dans le sang peut bien contribuer à favoriser le rapprochement du quotient $\frac{CO^2}{O}$ de l'unité pendant le réveil ; mais il est évident qu'elle serait tout à fait insuffisante pour produire à elle seule ce résultat : au contraire, elle permet de comprendre pourquoi, avant le commencement du réchauffement de réveil, le quotient $\frac{CO^2}{O}$ peut devenir momentanément plus grand que l'unité, comme l'a vu Valentin.

Il ressort encore de l'examen des chiffres que la quantité totale des gaz extraits est toujours de beaucoup supérieure à celle qui est fournie par les autres Mammifères : c'est à l'accumulation de ceux-ci que, très probablement, doivent être attribuées les légères augmentations de poids observées de temps en temps pendant le sommeil.

J'ajouterai que je n'ai jamais constaté d'accumulation d'azote.

En faisant la moyenne de quatre dosages de gaz de sang artériel et de trois dosages de gaz de sang veineux pris sur des Marmottes spontanément éveillées pendant la période hivernale, nous avons trouvé les chiffres suivants :

Sang artériel		cm.c.	Sang veineux		cm.c.
O	=	14,35	O	=	7,8
CO^2	=	52,3	CO^2	=	53,5
Az	=	2,8	Az	=	2,6
Gaz total	=	69,45	Gaz total	=	63,9

L'analyse des gaz du sang de deux Marmottes tenues éveillées,

en hiver, dans un lieu chaud, et nourries depuis huit jours, nous a donné :

Sang artériel		cm. c.	Sang veineux		cm. c.
O	=	14.55	O	=	6,63
CO^2	=	57,37	CO^2	=	56,1
Az	=	2,7	Az	=	3
Gaz total	=	74,62	Gaz total	=	65,73

Enfin, l'analyse des gaz du sang de Marmottes en estivation et mangeant depuis cinq semaines a fourni les résultats ci-dessous :

Sang artériel Temp. rect. = 37 degrés		cm. c.	Sang veineux Temp. rect. = 36°4		cm. c.
O	=	15,66	O	=	11,13
CO^2	=	48,4	CO^2	=	55,3
Az	=	1,6	Az	=	2,26
Gaz total	=	65,66	Gaz total	=	68,69

Pour ces expériences, le sang a été pris dans la carotide et dans la jugulaire, sur des animaux différents et les chiffres représentent les gaz contenus dans 100 centimètres cubes de sang.

On voit que soit dans la veille spontanée ou artificiellement entretenue pendant l'hivernation, soit dans la veille estivale :

1° La quantité totale des gaz s'est montrée inférieure à ce qu'elle est dans la torpeur;

2° La proportion d'oxygène du sang artériel varie peu dans les trois états sus-mentionnés ;

3° Elle était augmentée notablement dans le sang veineux de la Marmotte en estivation seulement.

Dans ce dernier, la quantité totale de gaz extrait s'est trouvée plus grande que dans le sang artériel. Ce résultat n'est guère explicable que par une résorption des gaz intestinaux.

La proportion d'acide carbonique du sang artériel est un peu

moindre dans l'été, mais, en somme, il n'y a pas de grandes différences, au point de vue des gaz du sang, entre la veille estivale et la veille hivernale provoquée ou spontanée.

Capacité respiratoire. — Sur une Marmotte endormie ayant une température rectale de 10° 4, on a pris 20 centimètres cubes de sang et, après l'avoir défibriné par le battage, on a fait l'analyse des gaz qu'il contenait : elle a donné les chiffres suivants pour 100 volumes de sang :

		cm. c.
O	=	19
CO^2	=	6,50
Az	=	2

Dans le sommeil profond et prolongé, l'hémoglobine tend donc à se saturer d'oxygène puisque chez une Marmotte endormie depuis dix jours et ayant une température rectale de 11 degrés, la quantité d'oxygène retirée du sang artériel a été de 18°06.

Ce fait montre une fois de plus que l'oxygène ne peut pas s'accumuler indéfiniment dans le sang pendant le sommeil : il existe une limite, assez rapidement atteinte, étant donné qu'il y a des sommeils de plus de trois semaines.

J'ai recherché également quel était le point de saturation du sang défibriné pour l'acide carbonique, dans l'état de sommeil et dans l'état de veille.

On a fait passer pendant une heure, à la température de 12 degrés, un courant d'acide carbonique et d'air dans le sang défibriné par le battage pris à une Marmotte dont la température rectale était de 8°6. L'analyse des gaz a donné à 0 degré et à 760 pour 100 volumes de sang :

CO^2	=	124,7
O	=	18,6
Az	=	2,9

La plus grande quantité d'acide carbonique trouvée dans le sang normal des Marmottes en torpeur a été de 76°16, ce

dernier était donc encore assez loin de son point de saturation. La quantité d'oxygène fixée se trouvait être à peu près la même que dans l'expérience précédente.

La même recherche a été faite dans des conditions identiques avec le sang d'une Marmotte éveillée ayant une température rectale de 34°2. L'analyse des gaz à 0 degré et à 760 a fourni pour 100 volumes de sang les chiffres suivants :

CO^2	=	103,55
O	=	13,06
Az	=	2.6

La capacité respiratoire pour l'oxygène du sang de Marmotte saturé par l'acide carbonique, est exprimée par un chiffre intermédiaire entre ceux des gaz du sang artériel et du sang veineux pendant la veille.

La capacité pour l'acide carbonique a baissé ici comme celle de l'oxygène.

La Marmotte froide qui avait été saignée, s'est réchauffée à 35°4, mais très lentement : sa température ne s'était élevée dans le rectum que de 2°6 en quatre heures. On lui a fait une nouvelle saignée et le sang ayant été traité comme dans les deux expériences précédentes, l'analyse des gaz a donné à 0 degré et à 760 pour 100 volumes de sang :

CO^2	=	104,5
O	=	10,1
Az	=	1,3

La saignée suivie d'un réveil a donc abaissé la capacité respiratoire pour l'oxygène, mais non pour l'acide carbonique.

Tout se passe, en somme, comme si le sang était plus concentré pendant le sommeil.

L'expérience prouve qu'il est plus dense : voici les *densités* qui ont été obtenues par la pesée des éprouvettes graduées dans lesquelles le sang avait été recueilli et, pour le sang défibriné, par la méthode du flacon :

Marmotte en torpeur	Marmotte éveillée
Sang art. non défibr. : D = 1,071	Sang art. non défibr. : D = 1,046
Sang artériel défibriné : D = 1,0654	Sang artériel défibriné : D = 1,0525

Je n'ai pas cherché à déterminer la quantité totale de sang dans les états de veille et de sommeil, parce que les procédés directs ne me paraissent pas assez exacts : je puis dire seulement que deux Marmottes saignées par l'artère carotide, jusqu'à arrêt complet de l'écoulement sanguin, ont donné les quantités de sang suivantes :

La Marmotte froide ayant 8°, qui a servi pour les constatations précédentes, pesait $3^{kg}130$: on a laissé l'écoulement du sang se faire jusqu'à ce qu'il s'arrête spontanément : il a fourni 100 grammes de sang : soit $31^{gr}30$ par kilogramme. La saignée n'ayant pas amené la mort, on a lié l'artère : le lendemain l'animal était réveillé avec une température de 35°4. Le réchauffement avait été, comme le réveil, moins rapide que chez une bête normale puisqu'au début, la température rectale ne s'était élevée que de 2°6 en quatre heures, comme je l'ai déjà dit. Cette même Marmotte saignée de nouveau a fourni encore 90 grammes de sang, mais elle est morte à la suite de l'opération.

La Marmotte éveillée, qui avait 34°2 et pesait $3^{kg}005$, saignée à blanc, a fourni 130 grammes de sang, soit par kilogramme 43,26. Mais la saignée totale a déterminé la mort de la Marmotte.

Il est très remarquable que cette même saignée totale n'ait pas tué la Marmotte froide : cependant, l'écoulement du sang pouvait se faire librement, aucun caillot ne s'étant formé dans la canule : il a diminué d'ailleurs progressivement. Évidemment tout le sang n'est pas chassé pendant la torpeur, ce qui s'explique par l'inertie et le relâchement des vaisseaux internes et principalement de ceux de l'abdomen. Cette réserve, ajoutée à la lymphe péritonéale qui rentre dans la circulation pendant le réveil, suffit pour assurer la survie de l'animal.

J'ai noté que le sang de la Marmotte éveillée coulait trois fois plus vite que celui de la bête endormie. Chez cette dernière, il

s'est manifesté pendant la saignée une augmentation du nombre des mouvements respiratoires.

Dosage de l'hémoglobine et numération des globules dans la veille et le sommeil. — Ce sont les procédés de Malassez qui ont été employés.

Sur une Marmotte, on a fait les prises de sang nécessaires dans l'artère et dans la veine fémorale.

Pendant la torpeur, avec une température de 15 degrés, on a trouvé :

	Hémoglobine pour 100
Sang artériel.	8,5
— veineux	7,50 à 7,75

Pendant la veille, avec une température rectale de 35 degrés, le même sujet a donné :

	Hémoglobine pour 100
Sang artériel	7,25 à 7,50
— veineux	7,25 à 7,50

Ces quantités sont faibles parce que le sang avait été pris sur une Marmotte, à la fin de l'hivernation, le 11 mai. On remarquera seulement, pour le moment, que le chiffre de l'hémoglobine est un peu plus élevé pendant la torpeur que pendant la veille ; la numération des globules rouges dans ces deux états nous en donnera plus tard la raison.

Vierordt (116) a reconnu que chez la Marmotte, en hiver, le sang veineux différait peu du sang artériel ; il attribue ce résultat à la faiblesse des échanges, et ajoute que le chiffre des globules par millimètre cube peut tomber de 7 millions à 2 millions. Pendant l'hivernation, il se fait une déglobulisation telle qu'au commencement de celle-ci, Vierordt a pu trouver 5.800.000 globules et à la fin seulement 2.300.000.

Le tableau suivant indique le nombre des globules rouges que nous avons trouvés en opérant, à divers moments, tantôt sur des animaux différents, d'autres fois sur le même, soit en

état de veille, soit pendant la torpeur. Le sang a toujours été pris dans les gros vaisseaux. Le procédé qui consiste à faire des incisions sur les téguments est mauvais, même quand on opère sur le nez ou les oreilles, car le sang s'écoule tardivement et très lentement; il peut se dessécher ainsi et on obtient des résultats erronés.

Dates de la numération	Veille	Sommeil	Sang artériel	Sang veineux	Sang porte	Temp. rect.
13 novembre	Fin de l'estivation.	»	4.290.000	4.135.000	»	35°3
20 janvier	»	17e jour de sommeil	4 560.000	»	»	6,6
20 janvier	»	3e jour de sommeil	5.255.000	»	»	7,6
5 février	Animal nourri	Éveillé	4.820.000	4.910.000	5.290.000	36
12 février	»	Torpeur	5.320.000	5.765.000	5.675.000	5,6
15 février	Éveillé, même animal que ci-dessus.	»	4.730.000	4.905.000	5.885.000	34,2
??	»	Torpeur	5.570.000	3.140.000	»	11
11 mai	Fin de l'hivernation.	Torpeur	2.930.000	2.540.000	»	15
11 mai	Id., même animal que ci-dessus.	Éveillé	2.070.000	2.530.000	»	35

On voit, par ces chiffres, que l'observation de Vierordt était exacte : la Marmotte arrivée au terme de l'hivernation présente une véritable déglobulisation. Chez celle qui, le 11 mai, nous avait fourni 7.25 à 8.5 d'hémoglobine, la quantité de globules rouges s'était abaissée de moitié ; au début de l'hivernation, le chiffre de l'hémoglobine doit vraisemblablement être le double de celui que nous avons trouvé.

La numération des globules chez ce même animal nous a montré, comme pour l'hémoglobine, une augmentation du

chiffre des globules rouges pendant le sommeil surtout marquée dans le sang artériel.

La même remarque s'applique à la Marmotte qui a servi pour les numérations, le 12 et le 15 février, c'est-à-dire en pleine hivernation. La différence entre le sang artériel du sommeil et celui de la veille est encore plus accentuée puisque le premier contenait 5.320.000 globules rouges et le second seulement 4.730.000.

En opérant sur le même individu endormi et éveillé, on constate donc une hyperglobulie pendant le sommeil ; mais on va voir, ainsi que pouvaient déjà le faire pressentir les constatations relatives à la densité du sang et aux chiffres des gaz, qu'elle n'est que relative.

Dans ces expériences, il faut tenir grand compte des variations individuelles, et surtout des phases de l'hivernation, quand on veut comparer l'état de veille à l'état de sommeil. Si on négligeait ces précautions, on pourrait constater qu'au mois de mai, une Marmotte endormie a deux fois moins de globules dans le sang artériel qu'une autre en état de veille, au mois de janvier; il y a une adaptation saisonnière d'une grande importance qu'on ne saurait méconnaître.

Fibrine, albumine, eau. — Serbelloni (95) a trouvé que $7^{gr}9613$ de sang artériel prélevés sur une Marmotte bien éveillée se décomposaient ainsi :

	gr.
Eau évaporée	6,2628
Fibrine	0,0177
Albumine	1,6454
Gélatine	0,0354

La même quantité de sang artériel de Lapin analysée par le même procédé a donné :

	gr.
Eau évaporée	4.7237
Fibrine	0,0531
Albumine	3,1845
Gélatine	0,0000

Le sang de la Marmotte, d'après Serbelloni, contiendrait donc 1/4 d'eau en plus que celui du Lapin ou du Lièvre, 2/3 moins de fibrine et moitié moins d'albumine. La gélatine existerait exclusivement dans le sang de la Marmotte.

Je n'ai fait que trois dosages de fibrine fraîche et ils ont fourni les chiffres suivants pour 100 centimètres cubes de sang pris :

1° Chez une Marmotte froide à 8°6 : $0^{gr}70$;

2° Chez la même Marmotte réchauffée à 35°4 après une forte saignée : $1^{gr}50$;

3° Chez une Marmotte normale chaude à 34°2 : 1 gramme.

La quantité de fibrine augmente donc avec le réchauffement de réveil, même après une forte saignée, ce qui expliquerait la fluidité apparente du sang froid signalée par quelques observateurs. La densité du sang froid étant plus considérable, ce n'est donc pas à la fibrine qu'il convient d'attribuer ce résultat.

Enfin, Serbelloni dit avoir obtenu des résultats identiques avec le sang de la Marmotte endormie.

Cette dernière affirmation est contraire aux faits que nous avons recueillis au cours de nos expériences, principalement en ce qui concerne la proportion d'eau contenue dans le sang pendant la veille et pendant le sommeil.

L'élévation du chiffre de l'hémoglobine et des globules rouges pendant la torpeur permettait déjà de penser que, dans cet état, le sang est plus concentré que dans la veille.

Nous nous sommes assuré qu'il en était bien ainsi en prenant du sang dans la veine et dans l'artère fémorales et en le desséchant au-dessus de l'acide sulfurique, à une température de 100 degrés.

a) Pour une Marmotte éveillée dont la température rectale était de 35 degrés, nous avons trouvé :

Sang artériel :	eau pour 1000	= 845,095
— veineux :	—	= 837,005

b) Pour une Marmotte endormie dont la température rectale était de 11 degrés :

Sang artériel : eau pour 1000 = 797,570
— veineux : — = 802,325

La moyenne de la teneur en eau pour 1000 des deux sangs chez la bête éveillée a été, par conséquent, de 841.050 et chez la bête endormie de 779.947. La différence en faveur de la Marmotte éveillée a donc été de 61.103, ce qui n'est pas une quantité minime.

Il ne faut pas se dissimuler que les indications fournies relativement à la proportion d'eau par le dosage de l'hémoglobine et par la numération des globules ne prennent une valeur réelle que parce qu'ils sont de même sens que ceux donnés par le dessèchement du sang.

La dessiccation des tissus des divers organes pris dans l'état de veille et dans celui de torpeur montre seulement que le foie, les muscles, le cerveau contiennent moins d'eau dans le sommeil qu'après le réveil, mais la teneur en eau augmente un peu dans le poumon, la rate et le rein.

Ces recherches étaient indiquées, d'une part, parce que les animaux anhydrisés, de Chossat, tombaient dans un état présentant beaucoup d'analogie avec celui des hivernants, dont la circulation est aussi très ralentie et, d'autre part, parce que des savants tels que Czermack (51 et 52) et Claude Bernard (76, 78, 100) n'ont pas craint d'établir des rapprochements entre les phénomènes produits par l'hivernation et ceux que détermine le choléra. Dans cette maladie, le cours du sang est très ralenti, un forte perte d'eau subie par l'organisme coïncide avec une hypothermie parfois considérable : on pourrait ajouter que dans la période algide, le sang du cholérique, comme celui de la Marmotte, est très chargé d'acide carbonique, bien qu'il paraisse artérialisé dans les veines. Enfin, dans tous les empoisonnements accompagnés d'abondantes évacuations, il y a aussi diminution de la température centrale ; ces évacuations n'ont pas toujours lieu, mais on trouve alors dans l'estomac (anesthésie par le chloroforme, l'éther, intoxication alcoolique) une quantité plus ou moins abondante de liquide muqueux

analogue à celui de la gastrorrhée des Marmottes en torpeur. Dans les empoisonnements en général, le sommeil, la torpeur ou le coma avec hypothermie, accompagnent l'anhydrisation du sang que Chossat provoquait par des moyens physiques.

Dans le chapitre VI seront traitées les questions relatives à la teneur du sang en sucre et en graisses, à son pouvoir glycolytique et saccharifiant.

La numération des *globules blancs,* pratiquée sur une Marmotte qui avait 8°6 au mois de février, a donné :

Sang de l'artère carotide.	4.000	globules	blancs
— de la veine jugulaire	7.000	—	—
— — porte	9.000	—	—

La même Marmotte réchauffée à la température de 34°2 avait :

Sang de la carotide	7.000	globules	blancs
— de la veine jugulaire	12.000	—	—
— — porte	9.000	—	—

Le sang artériel, très pauvre en leucocytes dans le sommeil, est plus riche pendant la veille, mais l'écart est surtout marqué entre celui de la jugulaire dans ces deux états. Le même nombre a été trouvé dans la veine porte pour le sommeil et la veille.

L'augmentation de chiffre des globules dans tout le système général, et particulièrement dans les veines, s'explique par la reprise de la circulation lymphatique au moment du réveil et par la rentrée de la lymphe péritonéale dans le torrent circulatoire.

J'ai, à plusieurs reprises, constaté que des troncs lymphatiques volumineux, invisibles dans la torpeur, se montraient au moment du réveil autour de la veine porte, mais ils ne s'y jetaient pas et se dirigeaient vers le foie directement. C'est peut-être la raison pour laquelle nous avons trouvé le même chiffre de globules blancs pour la veine porte dans le sommeil et dans la veille.

Dans la lymphe péritonéale, il y avait pendant la torpeur pro-

fonde environ 7000 (6932) globules blancs par millimètre cube et quelques globules rouges.

Cette lymphe se coagule spontanément, elle transforme le glycogène en glycose, mais ne jouit pas du pouvoir glycolytique.

Après coagulation par la chaleur et filtration, elle précipite par l'alcool, le tanin, le sublimé, l'acide phosphomolybdique : on peut dire qu'elle renferme des peptones.

Des documents réunis dans ce quatrième chapitre, nous tirons les conclusions suivantes :

1° *L'analyse des gaz du sang, qui n'avait pas été faite avant nous, a permis d'expliquer les échanges respiratoires et de redresser les erreurs d'interprétation qui résultaient de leur étude exclusive ;*

2° *La richesse en oxygène du sang artériel est à peu près la même dans l'état de veille et dans l'état de sommeil. L'oxygène ne s'accumule pas pendant le sommeil dans le sang artériel;*

3° *Le sang n'est pas partout artérialisé : les hypothèses reposant sur la couleur du sang ne sont pas justifiées;*

4° *Le sang veineux, dans le sommeil, est moins riche en oxygène que le sang artériel et aussi que le sang veineux de l'état de veille ;*

5° *La quantité d'acide carbonique contenue dans le sang des Marmottes est toujours considérable, mais elle augmente pendant le sommeil pour diminuer au réveil : elle est notablement moins grande dans l'état de veille que dans l'état de sommeil, et cela dans les deux sangs;*

6° *La quantité totale des gaz est supérieure à celle que l'on retire du sang des autres Mammifères, ce qui tient principalement à la richesse en acide carbonique des deux sortes de sang chez la Marmotte;*

7° *Dans la période d'estivation, les gaz du sang ont à peu*

près la même composition que dans la veille spontanée ou provoquée pendant l'hivernation ; la proportion d'oxygène du sang veineux est seulement augmentée et celle de l'acide carbonique du sang artériel un peu diminuée ;

8° *La capacité respiratoire prouve que l'oxygène ne peut pas s'accumuler dans le sang : l'hémoglobine est presque saturée d'oxygène pendant la veille et le sommeil dans les vaisseaux artériels ;*

9° *La capacité du sang extrait des vaisseaux pour l'acide carbonique est considérable ; elle est plus grande pendant la torpeur que pendant la veille. Il en est de même d'ailleurs pour la capacité respiratoire, en ce qui concerne l'oxygène ;*

10° *Le sang est plus dense dans la torpeur ;*

11° *La saignée totale n'entraîne pas la mort de la Marmotte endormie, mais elle fournit moins de sang que si elle est pratiquée chez la Marmotte réveillée : celle-ci en meurt ;*

12° *Pendant l'hivernation, il se produit une déglobulisation de sang ;*

13° *La numération des globules pratiquée au même moment de l'hivernation, chez un même animal, montre que, pendant le sommeil, il y a une hyperglobulie relative ;*

14° *La proportion d'hémoglobine s'accroît aussi pendant le sommeil ;*

15° *La quantité de fibrine augmente avec le réveil, même après une forte saignée ; ce n'est donc pas à ce principe immédiat qu'est due l'augmentation de densité du sang pendant le sommeil ;*

16° *Le sang de la Marmotte endormie contient moins d'eau que celui de la Marmotte éveillée ;*

17° *Le foie, les muscles, le cerveau renferment moins d'eau dans le sommeil qu'après le réveil ;*

18° *Il existe certaines analogies entre la torpidité de la*

Marmotte et le choléra, l'anhydrisation expérimentale de Chossat, et beaucoup d'intoxications, particulièrement celles qui sont provoquées par les anesthésiques généraux ;

19° *Le sang artériel, très pauvre en leucocytes dans le sommeil, est plus riche pendant la veille, mais l'écart est surtout marqué dans celui de la jugulaire pour les deux états ; le même nombre a été trouvé pour le sommeil et la veille dans la veine porte ;*

20° *Ce résultat est expliqué par le passage de la lymphe péritonéale dans la circulation générale au moment du réveil ; les vaisseaux lymphatiques du foie se rendent directement dans cet organe ;*

21° *La lymphe péritonéale se coagule spontanément, elle transforme le glycogène en sucre, ne jouit pas du pouvoir glycolytique et renferme des peptones.*

CHAPITRE VI

RÉSERVES PHYSIOLOGIQUES : GLYCOGÈNE. — SUCRE. GRAISSES. — SUBSTANCE COLLAGÈNE. LEURS MODIFICATIONS DANS LA VEILLE ET LE SOMMEIL

Le *glycogène*, comme l'a montré Claude Bernard, s'accumule dans le foie pendant la torpeur de la Marmotte et disparaît très rapidement au moment du réveil.

Mes dosages ont donné les résultats suivants :

Glycogène pour 1000 grammes de foie.

I. Marmottes endormies.

1°	depuis	4 jours.	6 gr 05
2°	—	7 —	8 88
3°	—	9 —	8 65
4°	—	x —	13 20
5°	—	10 —	16 32

II. Marmottes éveillées.

1°	veille	. . . . .	0 gr 20
2°	—	. . . . .	0 00
3°	—	. . . . .	traces
4°	—	. . . . .	—
5°	—	. . . . .	0 00

Pendant l'hivernation, le sommeil ainsi que l'hypothermie qui l'accompagne agissent donc relativement au glycogène, chez la Marmotte, comme l'anesthésie générale et la section de la moelle chez les autres Mammifères.

Dans le foie des Marmottes en profonde torpeur, on ne trouve que des traces de *sucre*, moins de 3 centigrammes pour 1000 grammes. Mais il se montre, en assez grande abondance, dans cet organe et dans le sang, pendant le réveil et la veille (voir tableau p. 93).

Quand le glycogène disparaît du foie, pendant le réveil, il est transformé en sucre et versé dans la circulation. C'est dans le foie que la transformation se fait, car on ne trouve pas de glycogène, en quantité appréciable, dans les autres points du corps.

Pour ne rencontrer que des traces de sucre dans le foie et le sang, il faut le chercher chez des bêtes surprises en pleine torpeur profonde.

S'il y a du sucre, en quantité assez notable, chez des Marmottes n'ayant que 9°2, 10°8 et 11 degrés, c'est que ce sont des sujets déjà en voie de réveil.

La différence entre ceux qui commencent à se réveiller et ceux qui sont réchauffés peut être assez considérable sous le rapport du sucre, ainsi que le montre notre tableau, comme 91 milligrammes est à $2^{gr}300$, c'est-à-dire comme 1 est à 25.

En moyenne, le sang artériel de la Marmotte réveillée contient $1^{gr}838$ de sucre pour 1000 et celui de la Marmotte, au début du réveil, 614 milligrammes, soit environ trois fois moins dans le second cas que dans le premier.

Bien qu'il n'ait pas été possible de doser le sucre des animaux en profonde torpeur, on pouvait, par la coloration que prenait la liqueur cupro-potassique, juger que sa richesse allait, en décroissant, du sang des artères à celui des veines et du système porte.

Chez les animaux éveillés, le sang artériel pris dans la fémorale, s'est toujours montré plus sucré que le sang veineux de la même région.

Sucre contenu dans 1000 grammes de sang ou de foie.

Température de l'animal	Sommeil ou veille	Sang artériel	Artère	Sang veineux	Veine	Foie
9°2	10e jour de sommeil	gr 0,091	carotide	traces	jugulaire	gr 1,040
10°8	9e jour de sommeil	0,710	—	gr 0,530	—	
11°		1,042	fémorale	0,746	fémorale	
33°6	réveil	2,300	—	2,200	—	
35°	veille	2,145	—	1 250	—	
35°4	—	1,170	—			
35°6	veille depuis 5 jours	1.737	—	1.975		3 922

On sait que, chez les Mammifères ordinaires, la production du travail et de la chaleur est si intimement liée à la fonction glycogénique et à la formation du glycose que le foie verse cette dernière substance plus abondamment dans le sang quand un ou plusieurs appareils ou organes se mettent à fonctionner activement.

C'est précisément le cas de la Marmotte, en réveil, chez laquelle l'activité des muscles cardiaques et respiratoires devient tout à coup relativement considérable.

A la fin de l'hivernation, quand une Marmotte succombe, on ne trouve plus trace nulle part de graisse, de glycogène ou de sucre.

Ces constatations sont bien d'accord avec celles que j'ai faites à propos des échanges respiratoires; elles montrent que dans le réveil et la veille, ce sont des matières hydrocarbonées que l'organisme consomme.

D'autre part, la Marmotte étant à la diète absolue et ne perdant que de faibles quantités d'urée, comme nous le verrons bientôt, il faut admettre que c'est la graisse qui sert à la fabrication du glycogène et par conséquent du glucose.

Aux corps gras préexistant dans le tissu adipeux, viennent s'ajouter ceux qui sont fournis par la transformation graisseuse des albuminoïdes.

Celle-ci est particulièrement active dans la glande hivernale et dans le thymus, qui sont des organes de réserves très importants, surtout au commencement et à la fin de l'hivernation, mais je n'ai jamais trouvé dans la glande hivernale ni glycogène, ni sucre.

En traitant les muscles et la glande hivernale des Marmottes de la même manière que le foie, dont on veut extraire le glycogène par le procédé de Claude Bernard, j'ai obtenu par l'alcool un précipité qui présentait les caractères suivants :

Réactifs	Matière extraite du muscle.	Matière extraite de la glande hivernale.
—	—	—
Acide azotique:	O précipité	Rien.
Chaleur :	—	—
Azotate d'argent :	Précipité:	Léger trouble.
Tanin :	—	Précipité.
Réactif d'Esbach :	—	—
Acide phospho-molybdique:	—	Pas de précipité.
Sublimé :	Léger trouble :	—
Acétate de plomb :	Rien :	—
Biuret:	Réaction du biuret:	Pas de réaction.
Réactifs du sucre :	Pas de sucre.	Pas de sucre.
—	— après ébullition avec HCl :	— après ébullition avec HCl.
Iode :	Pas de glycogène :	Pas de glycogène.
Liqueur de Millon:	Précipité :	Précipité.
Réactif de Trommer :	Empêche, comme la gélatine, la réaction :	Empêche la réaction.
Par le refroidissement:	Se prend en gelée :	Se prend en gelée.

Les deux substances extraites des muscles de l'hivernant et de la glande hivernale sont bien identiques et présentent tous les caractères d'une gélatine, résultant de la transformation par l'ébullition d'une *substance collagène* particulière. C'est probablement la même substance que Serbelloni dit avoir rencontrée dans le sang de la Marmotte et dont il a constaté l'absence dans celui du Lapin. Vu son abondance, elle doit jouer un rôle important.

Le tissu adipeux des Marmottes est bourré de *graisse*, au commencement de l'hiver; il renferme aussi de l'eau, mais en quantité variable suivant les endroits : dans la région inguinale, on trouve $26^{gr}35$ d'eau pour 100 de tissu adipeux ; dans celui du mésentère, seulement $7^{gr}83$, et $10^{gr}40$ dans celui de la région rénale.

Quand on fait chauffer ce tissu au bain-marie, il s'en échappe une huile, plutôt qu'une graisse, de couleur ambrée et qui laisse

déposer une partie plus solide et blanchâtre, au bout d'un certain temps.

L'huile de Marmotte reste fluide à 18 ou 20 degrés : elle s'épaissit un peu à 12 degrés pour devenir demi-fluide et opaque vers 0 degré ; à — 1 degré, elle prend la consistance du beurre.

Sans cette fluidité, que ne possèdent pas les autres graisses animales, la Marmotte se trouverait figée pendant la torpeur.

L'analyse élémentaire centésimale de la graisse de Marmotte, faite dans le laboratoire de mon savant collègue M. le professeur Raulin, a donné les résultats suivants :

Partie solide pour 100 :

Carbone	77.9
Hydrogène	11.2
Oxygène	10.9
Total	100.0

Partie fluide pour 100 :

Carbone	79.2
Hydrogène	11.5
Oxygène	9.3
Total	100.0

La première se rapproche de la tripalmitine (C, 77.50, H, 11.50) et la seconde de la trioléine (C, 78.75, H, 11.25).

En partant de ce fait que les cellules hépatiques se chargent de graisse pendant un repas abondant, Frédérick a émis l'hypothèse qu'il existe dans le foie une « fonction adipogène ». Cela n'est pas douteux pour la glande hivernale dans laquelle les albuminoïdes subissent la transformation graisseuse, mais la graisse que l'on rencontre dans le foie des Marmottes ne vient manifestement pas de l'organe hépatique, qui n'en pourrait fournir qu'une très minime proportion par dédoublement.

La graisse, le glycogène et l'urée ont été dosés comparativement chez une Marmotte, en torpeur, et chez une autre, qui était éveillée.

Pour la Marmotte froide, en sommeil depuis huit jours et ayant une température rectale de 8°8, j'ai trouvé pour 1000 grammes de foie :

Graisses	69 grammes.
Glycogène	12.80
Urée	1.62

Chez une Marmotte réchauffée, ayant une température de 34°2, il y avait pour 1000 grammes de foie :

Graisses	125 grammes.
Glycogène	traces.
Urée	2.21.

Il n'y a plus de glycogène à la fin du réveil et pourtant le foie verse à ce moment beaucoup de sucre dans le sang. La dépense en albuminoïdes est beaucoup trop faible pour qu'on puisse songer un seul instant à leur attribuer la formation du sucre.

La quantité d'urée augmente, il est vrai, pendant le réveil, mais elle dénote seulement une suractivité du fonctionnement du foie qui use sa propre substance en travail physiologique nécessaire pour effectuer les transformations s'opérant dans son sein. On peut en dire autant du pigment qui, dans l'organe hépatique de la Marmotte éveillée, est toujours plus abondant.

Pendant le sommeil, il se fait beaucoup de glycogène qui n'est transformé en sucre qu'au réveil, et dans la veille, on ne trouve plus de glycogène, mais il y a du sucre dans le foie et dans le sang. On peut se demander alors si le stade du glycogène est indispensable et pourquoi la glande hépatique ne ferait pas directement, avec les graisses, soit du sucre, soit du glycogène, suivant les circonstances ?

Le foie, pendant la veille, ne contient pas toujours des quantités aussi considérables de graisses que celles que j'ai indiquées plus haut, mais, pendant le sommeil, la proportion paraît plus constante.

Graisses pour 1000 grammes de foie :

I.	Marmotte froide	Temp. rect.	11°6	4me jour de sommeil		70gr97
II.	—	chaude	—	36°2	—	—	52 74

Une petite quantité de graisse peut passer dans le sang : il y en avait dans le sang de la Marmotte I $1^{gr}19$ pour 1000 et dans celui de la bête II, qui était éveillée, seulement 59 centigrammes pour 1000.

La graisse extraite du foie de la bête éveillée différait notablement de celle de la Marmotte endormie par son aspect, sa consistance et son odeur. La première était plus fluide, plus fusible, rappelant beaucoup la graisse qui s'accumule dans le tissu adipeux de cet animal. La seconde était plus solide, avec un aspect vernissé, qui faisait penser à une lanoline. L'idée que ce corps gras pouvait renfermer, ou même être entièrement formé d'un éther de la cholestérine, était très plausible puisque ce dernier produit se rencontre ordinairement en notable quantité dans le foie. En traitant ces graisses par l'alcool bouillant, je n'ai pas obtenu de cristaux de cholestérine après refroidissement et même après évaporation lente. J'ai alors saponifié ces graisses par une solution aqueuse de potasse à chaud et précipité les acides gras par le chlorure de calcium. Le précipité, séché et traité par l'alcool bouillant, a fourni une assez forte proportion de cristaux de cholestérine mélangés à d'autres produits cristallisés qui ont été séparés par la potasse en solution aqueuse.

Ce résultat n'a été obtenu qu'avec la graisse du foie de la Marmotte froide.

Dans le sommeil, c'est-à-dire pendant la vie ralentie, il se forme donc dans le foie, en même temps que du glycogène, de la cholestérine qui s'unit aux acides gras pour donner une lanoline ou des lanolines. Ces éthers de la cholestérine peuvent parfaitement résulter d'une oxydation incomplète des corps gras, car, contrairement à ce qui existe dans l'état de veille confirmé, le sang de la veine porte contient, dans le sommeil, une quantité d'oxygène aussi grande que celle du sang artériel.

J'ai été surpris de ne pas obtenir de cholestérine par la saponification des graisses du foie de la Marmotte chaude,

car on peut en retirer, par le même procédé, du foie de Mouton. Il est vrai que la Marmotte éveillée était en état de jeûne hivernal et que son foie ne contenait pas de glycogène, alors qu'il y en avait beaucoup dans celui du Mouton.

Nous avons recherché le *pouvoir saccharifiant du sang et du foie* et le *pouvoir glycolytique du sang*, comparativement chez la Marmotte endormie et chez la Marmotte éveillée. Les tableaux suivants résument les résultats de nos expériences :

Pouvoir transformateur du glycogène en glucose dans le sang : sucre produit pour 100 grammes de sang.

A la température de 35°		A la température de 12°	
Marmotte éveillée :			
Sang artériel. .	0.347	Sang artériel. .	0.082
— porte . .	0.201	— porte . .	0.012
Marmotte endormie :			
Sang artériel. .	0.180	Sang artériel. .	0.020
— porte . .	0.119	— porte . .	0.062

Transformation du glycogène par le foie lavé à l'eau salée à 7 pour 1000 et froide.

Marmotte froide : sommeil 12 jours, température rectale = 10°2. Le foie est divisé en 3 parties :

1° Dosage du glycogène immédiatement (glycogène normal) pour 1000 : 9.75 ;

2° Dosage du glycogène après deux heures à une température de + 12° pour 1000 : 6.37 ;

3° Dosage du glycogène après deux heures à l'étuve à 35° pour 1000 : 4,66.

Sur la Marmotte chaude, la même expérience ne donne aucun résultat, le foie ne contenant pas de glycogène.

En outre, le glycogène et le sucre se conservent beaucoup plus longtemps chez les Marmottes qui ont été tuées en sommeil.

A quoi tient ce résultat?

Valentin dit que, pendant le sommeil régulier, il se fait du ferment hépatique, comme il se fait du glycogène et du sucre.

Claude Bernard croit que le ferment existe à côté du glycogène pendant la torpeur, mais qu'il est latent; il n'y a pas un contact suffisant pour qu'il agisse. La température aussi a une influence; il en est de même du système nerveux.

Pour nous, il y a deux éléments qui jouent un rôle prépondérant : le tissu du foie et le sang ont tous deux un pouvoir saccharifiant, qui augmente avec la température ; or, dès le début du réveil, la température s'élève dans le foie, en même temps qu'une bien plus grande quantité de sang traverse cet organe. Il convient d'ajouter que le sang de la bête réchauffée possède certainement aussi un principe saccharifiant en plus grande abondance que le sang de la Marmotte endormie, puisqu'à la même température de 35 degrés, ce dernier transforme moitié moins de glycogène. J'attribue cette différence au retour des globules blancs dans le foie et le sang au moment du réveil, mais ce n'est pas par la veine porte qu'il se produit, comme je l'ai déjà dit, mais par les lymphatiques.

La détermination du pouvoir glycolytique du sang a fourni les résultats suivants :

Sucre détruit au bout de trois heures pour 1000 grammes de sang.

A la température de 35°		A la température de 12°	
Marmotte éveillée :			
Sang artériel. .	0.105	Sang artériel. .	0.109
— porte . .	0.244	— porte . .	0.094
Marmotte en torpeur :			
Sang artériel. .	0.133	Sang artériel. .	0.087
— porte . .	0.114	— porte . .	0.103

On voit que le sang artériel de la Marmotte éveillée a un pouvoir glycolytique analogue à froid et à chaud, mais qu'il n'en est pas de même du sang porte.

Pour la Marmotte en torpeur, c'est le sang porte qui agit à peu près de même à froid et à chaud, tandis que le pouvoir destructeur du sucre semble accru par la chaleur dans le sang artériel.

Cela importe peu au point de vue de la calorification, puisque j'ai démontré que, dans la torpeur, l'organisme n'avait pas de sucre à sa disposition, mais seulement du glycogène. Le phénomène initial de la calorification est donc une hydratation résultant du pouvoir saccharifiant qui est activé dans le foie par l'élévation de la température et l'accélération circulatoire, tandis que l'abaissement de la température interne et le ralentissement du cours du sang, avec les phénomènes qui les accompagnent, favorisent la formation du glycogène.

Voici les conclusions que nous pouvons tirer de ce sixième chapitre :

1° *Le glycogène s'accumule dans le foie pendant le sommeil, lequel agit sous ce rapport comme l'anesthésie générale et la section de la moelle cervicale ;*

2° *Au moment du réveil, le glycogène disparaît du foie, en même temps que le sucre apparaît dans le sang ;*

3° *Dans la torpeur profonde, le sang ne contient pas de traces de sucre ; si l'on en trouve, elles sont le résultat de l'excitation opératoire ;*

4° *L'examen des réserves physiologiques montre, comme l'étude des quotients respiratoires et des gaz du sang, que, dans le réveil et la veille, ce sont principalement des hydrates de carbone qui sont consommés et, dans le sommeil, des corps gras ;*

5° *Les matières grasses se transforment en glycogène dans le foie, et peut-être même, dans certaines circonstances, directement en sucre ;*

6° *Les hydrates de carbone ne sont pas fournis par les albuminoïdes, qui sont consommés en trop faibles quantités : ceux-ci sont dédoublés principalement en urée et en corps gras. La glande hivernale et le thymus s'atrophient pendant l'hiverna-*

tion par transformation graisseuse de leurs substances protéiques;

7° *Il existe dans les muscles, le sang et la glande hivernale, en assez grande abondance, une substance qui donne de la gélatine par la coction;*

8° *On trouve dans le foie, pendant le sommeil, de la cholestérine unie à des acides gras : ces lanolines ou éthers de la cholestérine paraissent provenir de l'oxydation incomplète des graisses pendant la vie ralentie;*

9° *L'urée est plus abondante dans le foie pendant la veille que pendant le sommeil ; il en est de même des pigments biliaires : l'usure du tissu hépatique augmente avec l'activité fonctionnelle transformatrice de cet organe.*

10° *La saccharification du glycogène est activée dans le foie par l'élévation progressive de la température, par l'accélération de la circulation et par le retour simultané des globules blancs, au début du réveil.*

11° *L'abaissement de la température, le ralentissement de la circulation et les phénomènes concomitants, comme l'augmentation de l'acide carbonique du sang, accompagnent au contraire, l'accumulation du glycogène dans le foie.*

12° *Le pouvoir glycolytique du sang existant dans la veille comme dans la torpeur, le phénomène initial de la calorification est donc la saccharification du glycogène, c'est-à-dire une hydratation, puisqu'il n'y a pas de sucre dans l'organisme en sommeil profond.*

CHAPITRE VII

EXCRÉTIONS. — URINE. — EXCRÉMENTS. — BILE. — EAU. ACIDE CARBONIQUE. PERTES DE POIDS PENDANT L'HIVERNATION.

Quand on ne les dérange pas, les Marmottes se réveillent pour déféquer et uriner environ toutes les trois à quatre semaines.

La plupart du temps, l'*excrément* et l'*urine* s'évacuent en même temps : quand une évacuation séparée a lieu, c'est plutôt celle de l'urine.

La quantité d'urine rendue à chaque réveil varie beaucoup suivant que l'animal a été laissé tranquille ou bien influencé pendant son sommeil, par exemple, par l'introduction répétée du thermomètre dans les voies naturelles. En général, à chaque réveil, l'animal émet 10 à 15 centimètres cubes d'urine.

D'après Valentin, une Marmotte que l'on ne dérange pas donne 28 fois plus d'urine que d'excréments. L'urine d'un sommeil calme renferme toujours moins d'urée et de phosphates ; son poids spécifique est toujours plus faible.

Valentin a trouvé que l'urine de ses Marmottes contenait en moyenne pour 100 : urée de 4,95 à 7,70 ; chaux : 13 ; chlore : traces ; pas de fer.

Les urines recueillies directement dans la vessie pendant le sommeil ont toujours une densité inférieure à celle des urines émises naturellement au moment du réveil : dans le premier cas, elles ont, en moyenne, un poids spécifique de 1030 et renferment seulement 30 à 40 centigrammes pour 100 d'azote au lieu de 85 trouvés par Valentin.

Il est très probable qu'il se fait, soit dans la vessie, soit plutôt du côté du rein, une résorption d'eau au moment du réveil, ou un peu avant, d'où concentration des urines évacuées, de manière à ce que la quantité d'eau perdue soit réduite au minimum. Cette résorption peut s'effectuer pendant que la secrétion continue comme chez l'homme (1).

Quand les Marmottes éveillées sont soumises à leur régime alimentaire, qui est végétal, elles peuvent émettre jusqu'à 100 et 150 centimètres cubes d'urine dans les vingt-quatre heures ; celles-ci sont alors alcalines ; mais pendant l'hivernation, on les trouve toujours acides parce qu'il y a autophagie et que les Marmottes se comportent comme des carnivores en vivant de leur propre substance.

Les excréments sont composés surtout de matières biliaires ; on y trouve beaucoup de phosphates, peu de sulfates, très peu de chlore et de fer.

La vésicule biliaire est toujours gonflée de bile qui devient plus foncée en couleur et plus consistante au fur et à mesure que l'hivernation avance : elle est très peu amère, souvent douceâtre et visqueuse ; elle ne renferme pas de sucre.

Les *changements de poids du corps* pendant l'hivernation sont très importants à connaître, aussi ont-ils été étudiés par divers observateurs avant moi ; mais ils se contentaient de peser de temps à autre les Marmottes et ne pouvaient savoir si la perte était continue.

Avec la balance enregistrante compensatrice de Rédier, j'ai

(1) A. Hubert, *Recherches physiologiques sur la résorption rénale*, Paris, 1895.

pu obtenir des courbes graphiques ininterrompues pendant plusieurs semaines consécutives. Cet appareil est particulièrement commode pour ce genre de recherches, parce que les mouvements de l'animal, pendant le réveil et la veille, n'altèrent pas les graphiques.

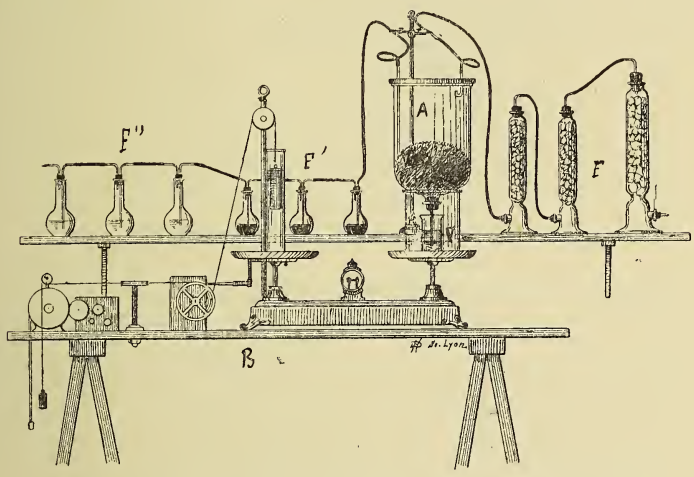


Fig. 41bis. — *Dispositif pour étudier les variations de poids de la Marmotte en hivernation.*

A, Cloche renfermant la Marmotte ; B, Balance enregistrante de Rédier ; F, Flacons pour la dessiccation de l'air ; F', Flacons pour le dosage de la vapeur d'eau ; F'' Flacons pour le dosage de l'acide carbonique ; V, Vase pour recueillir les urines sous une couche d'huile.

La Marmotte était placée dans une cloche à tubulure renversée et fermée hermétiquement par un couvercle percé de trous, ceux-ci étaient munis de tubes très flexibles chargés d'amener dans la cloche de l'air frais et d'enlever l'air expiré pour le conduire, par l'aspiration d'une trompe, dans une série de tubes et de flacons destinés à arrêter l'eau et l'acide carbonique.

Au fur et à mesure de leur élimination, les urines s'écoulaient par un tube fixé à la tubulure intérieure dans un vase contenant de l'huile. Celui-ci était placé soit à côté de la balance, soit sur l'un des plateaux : on pouvait ainsi enregistrer la perte de poids totale, ou seulement celle qui se faisait par la respiration, et peser, à part, les urines à chaque émission.

Pendant le sommeil tranquille, on a observé de légères *augmentations de poids*, déjà signalées par Sacc et Valentin.

Il est bien difficile de dire exactement à quoi sont dus ces accidents passagers et survenant d'ailleurs assez irrégulièrement, mais ce qu'il y a de certain c'est qu'il ne peut venir de dehors que de l'eau, de l'azote et de l'oxygène.

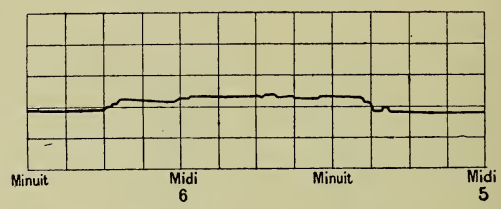


Fig. 42. — *Augmentation de poids pendant le sommeil.*

C'est très vraisemblablement à la fixation plus grande par certains moments de ce dernier gaz qu'il faut les attribuer, car ce n'est pas seulement un arrêt de la perte de poids que signalent les graphiques, mais un véritable gain *(fig. 42)*.

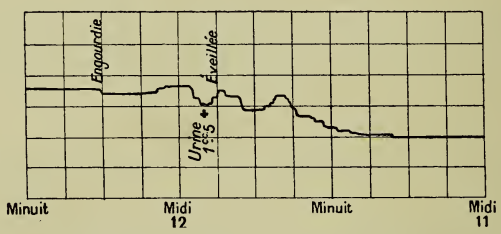


Fig. 43. — *Début d'un réveil avec augmentations de poids.*

Très souvent *(fig. 43 et 44)*, ces augmentations de poids se montrent au commencement du réveil, aussitôt après une petite perte de poids, qui paraît correspondre à l'élimination de l'excès d'acide carbonique du sang.

L'augmentation débute d'une manière si brusque qu'on ne saurait l'attribuer à un changement dans l'état hygrométrique de l'air ou à l'absorption, d'ailleurs très problématique, de l'azote.

Comme on le voit sur la courbe de la figure 43, la durée d'un

des réveils peut parfois ne pas excéder 12 heures ; mais ils sont plus répétés au début surtout et à la fin de l'hivernation : on peut évaluer leur durée totale, en moyenne, à six fois 24 heures.

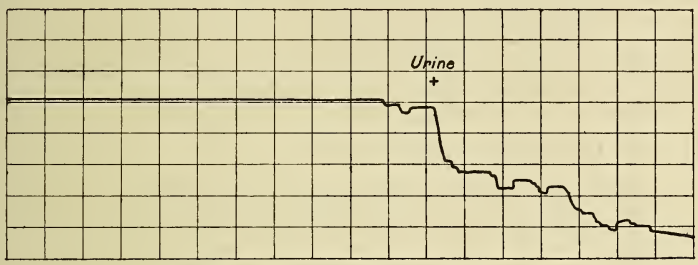


Fig. 44. — *Début d'un réveil.*

L'émission des urines a ordinairement lieu au commencement de la veille *(fig. 43 et 44)*, mais quelquefois aussi très tardivement *(fig. 46)*.

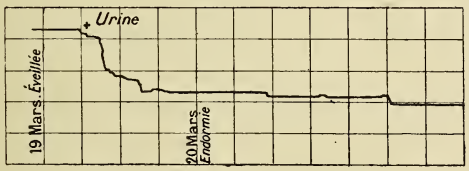


Fig. 45. — *Fin de réveil.*

Il y a des réveils, comme celui dont le graphique est représenté dans la *figure 45*, pendant lesquels l'animal perd peu de

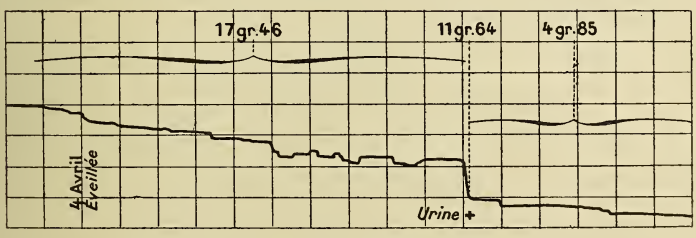


Fig. 46. — *Réveil avec miction tardive.*

poids ; mais en faisant la somme des pertes de poids des réveils et celle des pertes du sommeil, on reconnaît qu'elles sont à peu

près égales ; il en résulte qu'une Marmotte se réveillant tous les mois dépense autant dans son jour de veille que pendant les vingt-neuf autres employés à dormir.

Le poids total de la perte doit être fixé, d'après mes observations et celles de mes prédécesseurs, pendant 160 jours d'hivernation, à un quart du poids de l'animal, ou à 200 grammes pour un kilogramme de Marmotte.

Soit 100 grammes pour 6 jours de veille.
— 100 grammes pour 154 — de sommeil.

Les 200 grammes de perte de poids éprouvée par un kilogramme de Marmotte doivent se retrouver dans les excreta, combinés avec l'oxygène qui a été fixé pendant l'hivernation, de sorte que, si la Marmotte perd un quart de son poids, en réalité, elle excrète beaucoup plus.

Regnault et Reiset (71) ont montré qu'un kilogramme de Marmotte endormie absorbait par heure 0,04 centigrammes d'oxygène. Pendant un sommeil total de 154 jours, on aura : $0,04 \times 24$ h. $\times$ 154 j. $=$ 147,8 grammes d'oxygène fixé. Les mêmes expérimentateurs ayant trouvé que dans un jour de veille la Marmotte fixait autant d'oxygène que dans 30 jours de sommeil, ou si l'on préfère 30 fois plus d'oxygène à l'état de veille qu'à l'état de sommeil, la quantité totale d'oxygène fixé pendant 160 jours d'hivernation, comprenant 6 réveils, sera environ de 295 grammes 60.

Si on ajoute ces 295 grammes d'oxygène aux substances perdues par la Marmotte, et avec lesquelles ils se sont unis, on a un total de 495 grammes ; d'autre part, l'expérience a prouvé à Regnault et Reiset que, pendant le sommeil, le rapport du poids de l'oxygène absorbé à celui qui reparaît dans l'acide carbonique éliminé peut descendre à 0,39 et être, en moyenne, de 0,5.

La moitié de l'oxygène absorbé se combine donc avec le carbone et l'autre moitié avec l'hydrogène des graisses.

73 gr.	92	d'oxygène	donneront	101 gr.	64	d'ac. carb.
73 —	92	—	—	83 gr.		d'eau.

Mais dans l'état de veille, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ n'est plus le même que dans le sommeil : il se rapproche alors de l'unité et on peut admettre qu'il devient égal à 0,9.

Dans ce cas, les neuf dixièmes seulement de l'oxygène absorbé reparaîtront sous forme d'acide carbonique et un dixième sera employé surtout à faire de l'eau.

En d'autres termes, $14^{gr}784$ d'oxygène se combineront avec l'hydrogène et $147^{gr}84 - 14^{gr}784$ ou $133^{gr}56$ d'oxygène avec le carbone.

En se combinant avec le carbone, $133^{gr}56$ donnent

$$\frac{22 \times 133,56}{16} = 182,95 \text{ d'acide carbonique.}$$

En se combinant avec l'hydrogène, $14^{gr}78$ d'oxygène donnent

$$\frac{9 \times 14,78}{8} = 16^{gr}62 \text{ d'eau.}$$

En résumé, nous trouvons en chiffres ronds :

Sommeil, acide carbonique. .	101	Eau. .	83
Veille, — — . .	182	—. .	16
Total. . . .	283		99

L'acide carbonique et l'eau donnent ensemble 382 grammes.

A cette somme, il faut ajouter l'eau de deshydratation des tissus détruits dont il sera question dans le chapitre suivant, et dont le poids s'élève à 97 grammes.

On obtient alors $382 + 97 = 479$ grammes.

Il reste encore 16 grammes de pertes, dont on doit trouver la nature pour expliquer les 495 grammes d'excréta prévus. C'est à peu près le poids des principes organiques (12 à 13 grammes) et des résidus minéraux (2 à 3 grammes) des urines et des excréments.

Pendant le sommeil, la Marmotte excrète, sous forme de

vapeur, d'après nos observations, autant d'eau, en poids, que d'acide carbonique : soit 101 grammes, et pendant la veille dix fois moins environ que d'acide carbonique, soit 18 grammes ; en tout, 119 grammes.

Cependant, elle n'en produit d'après nos calculs que 99 grammes par fixation d'oxygène.

Mais, à ces 99 grammes, il faut ajouter 97 grammes d'eau de deshydratation des tissus consommés et celle qui, se trouvant pour ainsi dire moléculairement préformée dans les corps gras et les albuminoïdes, se sépare par simple dédoublement de la molécule. Cette quantité peut être évaluée à environ 24 grammes.

On a alors : $99 + 97 + 24 = 220$ grammes d'eau, dont la Marmotte élimine sous forme de vapeur 119 grammes ; il reste donc pour les urines 101 grammes, ce qui est bien, en effet, à peu près le chiffre fourni par l'observation.

Pour l'évaluation de l'oxygène absorbé, j'ai emprunté les chiffres de Regnault et Reiset, en raison de la grande autorité justement attribuée à ces deux expérimentateurs, mais il ne faut pas oublier qu'eux-mêmes ont exprimé le regret de n'avoir pu opérer qu'à la fin de l'hiver, alors que la température était déjà assez élevée. Or, la quantité d'oxygène absorbée augmente avec la température extérieure, surtout pendant le sommeil, et les chiffres obtenus par Regnault et Reiset sont un peu plus élevés qu'ils ne l'auraient été dans la période moyenne de l'hivernation et les conditions naturelles de température, ainsi que nous en aurons bientôt la preuve.

Regnault et Reiset ont aussi établi que, chez la Marmotte éveillée, les échanges respiratoires étaient les mêmes que chez le Lapin. D'autre part, nos calculs montrent que les 160 jours d'hivernation équivalent à 12 jours de veille en état de jeûne absolu ; or, c'est à peu près le temps pendant lequel les Lapins gras résistent à l'inanition. La Marmotte rentre donc dans la règle générale.

Il ne faut pas oublier que non seulement l'élévation de la tem-

pérature extérieure, en rendant le sommeil plus léger, augmente les pertes de poids, mais qu'il en est de même par suite des ébranlements, des excitations se produisant pendant le sommeil.

La dépense est augmentée également quand les Marmottes sont privées de leur fourrure ou simplement en contact avec des corps bons conducteurs ; elle est diminuée si on les entoure de substances isolantes, de foin, de paille, etc., comme elles le font elles-mêmes dans l'état de nature.

Dès que l'hivernation est terminée, l'augmentation de poids commence et se continue rapidement jusqu'à l'entrée de l'hiver.

Les *planches 124*, *125* montrent comparativement les courbes d'engraissement et d'amaigrissement.

Conclusions du chapitre VII :

1° *Les Marmottes se réveillent pour uriner et déféquer toutes les trois à quatre semaines ;*

2° *Si le sommeil est troublé par des excitations extérieures, même assez légères pour ne provoquer ni le réveil, ni seulement des mouvements visibles, la quantité d'urine et d'excréments rendue au réveil suivant est très augmentée, ainsi que les pertes en urée et en phosphates. Il ne suffit donc pas de dormir, il faut dormir tranquillement ;*

3° *Les urines se concentrent dans l'appareil urinaire, par résorption, avant le réveil et deviennent acides pendant le jeûne hivernal, comme celles des carnivores ;*

4° *La vésicule biliaire est toujours gonflée de bile peu amère, douceâtre, visqueuse, devenant plus foncée et plus consistante à mesure que l'hivernation avance ;*

5° *La perte de poids est continue pendant toute l'hivernation, sauf qu'à de certains moments on observe de légères augmentations de poids, dues vraisemblablement à une fixation accélérée d'oxygène, coïncidant, peut-être, avec une rétention de l'acide carbonique ;*

6° *Dans l'hivernation tranquille, la perte de poids subie pendant les réveils est équivalente à celle qui se produit pendant toute la durée du sommeil. La perte totale est celle de douze jours de jeûne absolu : elle est égale au quart du poids de l'animal, soit 200 grammes par kilogramme de Marmotte pour toute la durée de l'hivernation ;*

7° *La quantité totale des excreta est portée à 495 grammes par kilogramme, en raison de l'oxygène fixe ; ils se répartissent de la façon suivante : eau formée par fixation d'oxygène, 99 grammes ; acide carbonique par fixation d'oxygène, 283 grammes ; eau de deshydratation des tissus, 97 grammes ; résidus solides organiques et inorganiques, 16 grammes ;*

8° *La Marmotte, en 160 jours d'hivernation, ne consomme pas plus qu'un autre Rongeur en douze jours de veille avec jeûne absolu : elle rentre donc dans la loi générale de nutrition ;*

9° *Non seulement les excitations, les ébranlements accélèrent la perte de poids pendant l'hivernation, mais encore le contact avec des corps bons conducteurs de la chaleur, la suppression de la fourrure, en un mot, toutes les causes favorisant la perte du calorique agissent dans le même sens ;*

10° *Dès que l'hivernation est finie, l'augmentation de poids commence et se continue progressivement jusqu'à l'entrée de l'hiver.*

CHAPITRE VIII

CALORIMÉTRIE

Les données exposées dans le précédent chapitre permettent déjà de calculer approximativement, par l'une des méthodes de la *calorimétrie indirecte*, le nombre de calories qu'une Marmotte produit pendant toute la durée de l'hivernation et dans les diverses phases de celle-ci. Par là, on pourra évaluer, en kilogrammètres, le travail physiologique qui se sera accompli dans l'organisme, car le travail extérieur, fourni pendant l'hiver, se réduit à une quantité négligeable, la Marmotte dormant presque continuellement et restant à peu près immobile, en état de veille.

Nous savons que le poids total de l'acide carbonique formé pendant le jeûne hivernal est de 283 grammes, ce qui représente 77 grammes de carbone.

Il se forme également, par fixation d'oxygène emprunté au milieu extérieur, 99 grammes d'eau dans lesquels entrent 11 grammes d'hydrogène.

En se combinant avec l'oxygène pour former de l'acide carbonique, 1 gramme de carbone donne 8 calories 08, donc 77 grammes de carbone dégageront :

77 grammes $\times$ 8.08 ou 622 calories 16.

1 gramme d'hydrogène en brûlant donne 34.46 calories, et 11 grammes d'hydrogène fournissent :

11 × 34.46 ou 379.06 calories.

Ce qui forme un total de 1000 calories environ dégagées par 1 kilogramme de Marmotte pendant toute l'hivernation.

Mais il ne faut pas oublier que nos calculs ont été basés sur les expériences de Regnault et Reiset, faites à une température déjà assez élevée et à la période terminale de l'hivernation ; or, ces deux conditions élèvent notablement le chiffre de l'oxygène absorbé et, par conséquent, celui des calories dégagées.

On peut encore se servir d'une autre méthode de *calorimétrie indirecte*.

La bête pendant l'hivernation perd un quart de son poids, soit 200 grammes par kilogramme. Avec Valentin, nous pouvons répartir cette perte de la façon suivante :

Tissus graisseux	100 gram.
Muscles	50 —
Peau Foie Glande hivernale Poumons Intestins	50 gram.

Les autres tissus, et particulièrement le tissu nerveux, ne changent pas sensiblement de poids, comme chez les autres animaux en inanition.

Par la dessiccation, le tissu adipeux de la Marmotte perd en moyenne 15 pour 100 de son poids, et les muscles, avec les autres organes constitués par des matières protéiques, environ 72 pour 100.

On aura donc après dessiccation :

Tissu adipeux	85 grammes
Albuminoïdes	25 —
Total	110 grammes

or, 1 gramme d'albuminoïdes, en brûlant, donne 4,998 calories et 1 gramme de graisse 9,069 calories (1).

85 gr. de graisses	× 9 cal. 069	= 770	calories, 865
25 gr. d'albuminoïdes	× 4 cal. 998	= 124	— 940
Total		895	calories, 805

Nous trouvons, en comparant ces chiffres avec ceux qui ont été fournis par la méthode précédente, un écart de 105 calories, ce qui ne doit pas surprendre après ce qui a été déjà dit et aussi suivant ce qu'on va constater maintenant.

Il n'existe pas de méthode de *calorimétrie directe*, appliquée à la physiologie, qui soit complètement exacte. Cependant, en me servant des calorimètres enregistreurs d'Arsonval, tantôt isolés dans un milieu à température constante et tantôt conjugués, je suis arrivé à des résultats comparatifs assez satisfaisants. Ils concordent d'ailleurs avec ceux qui m'ont été fournis par l'emploi du puits de glace. Cette dernière méthode ne présente pas, pour les Marmottes endormies, le même inconvénient que pour les autres petits Mammifères, car elles se réveillent et se réchauffent dans le calorimètre à glace, tandis que les seconds s'y refroidissent.

De l'ensemble de nos mesures calorimétriques, il résulte que, si un Lapin d'un kilogramme rayonne à la température extérieure de 10 degrés par heure, 3,400 calories, dans les mêmes conditions, une Marmotte de même taille éveillée, en hiver, ne rayonnera que 3 calories seulement. Pendant l'hivernation, d'ailleurs, la température centrale de la Marmottte est toujours un peu inférieure, dans l'état de veille, à celle du Lapin.

Le jeûne total étant, comme je l'ai montré, équivalent à 12 jours de veille, on aura pour la durée totale de l'hivernation :

3 calories × 24 heures × 12 jours = 868 calories.

Ce chiffre n'est pas très inférieur à celui qui a été fourni

(1) Beaunis, *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, II, p. 446, 3e édition.

par la méthode précédente, et je pense que c'est entre les deux nombres 895 et 868 qu'oscille le chiffre de calories rayonnées pendant toute la période hivernale. Nous adopterons le chiffre moyen de 881.

Mais une calorie équivaut à 424 kilogrammètres : la quantité de travail physiologique fourni pendant l'hivernation par 1 kilogramme de Marmotte est presque totalement transformée en chaleur, puisque c'est la seule forme, actuellement apparente, sous laquelle reparaisse l'énergie dégagée des réserves accumulées dans l'organisme pendant l'estivation.

Le travail de la nutrition est donc représenté par 424 kilogrammètres $\times$ 881 = 373.544 kilogrammètres.

Il est vrai d'ajouter que, si la Marmotte ne fournit guère de travail extérieur pendant l'hivernation, elle vieillit et perd une certaine quantité de son énergie initiale ou ancestrale; mais elle doit vieillir peu pendant l'hiver puisque son activité est à peu près égale à celle qu'elle dépenserait en douze jours d'estivation.

En somme, le travail physiologique de la Marmotte en hivernation est à peu près le même que celui qu'il faudrait pour élever un semblable animal pesant 1 kilogramme 76 fois à la hauteur du mont Blanc.

Je n'ai fait aucune mesure calorimétrique sur la Marmotte en estivation, mais on peut supposer qu'elle rayonne à peu près autant que le Lapin, sa température étant presque la même en été.

L'énergie rayonnée, non employée en travail extérieur, et ayant servi uniquement à accumuler le potentiel destiné à être dégagé l'hiver, sera donc 3 cal. 400 $\times$ 24 $\times$ 180 = 14.688 calories.

Pendant l'été, l'énergie rayonné sous forme de chaleur est donc à celle qui l'est pendant l'hiver environ comme 17 est à 1.

Les 72 calories d'un jour de veille hivernale ne sont pas émises d'une manière régulière. D'après nos mesures, elles se répartissent de la façon suivante :

9	Calories	rayonnées	pendant les	3	heures	du réveil.
18	—	—	—	6	—	de la veille.
45	—	—	—	15	—	du refroidissement.

Pendant le réveil, il y a un maximum de rayonnement compris entre 16 et 26 degrés et deux minima, l'un entre 6 et 16 degrés au début du réveil, et l'autre entre 26 et 36 degrés à la fin.

Ces variations correspondent à des changements corrélatifs de l'élévation de la température interne, pendant le réveil, de sorte que les courbes thermométriques et les aires qu'elles circonscrivent, peuvent servir à la fois à représenter le rayonnement et l'échauffement du corps.

Cette remarque n'est vraie que pour le réveil, la seule partie d'ailleurs de la veille hivernale qui nous intéresse au point de vue expérimental.

La courbe calorimétrique du refroidissement est loin d'être semblable à celle du réchauffement : à partir du moment où la température commence à baisser, la Marmotte rayonne non seulement la chaleur qu'elle avait emmagasinée pour élever son corps de la température de 6 degrés, par exemple, à celle de 36 degrés, mais encore une certaine quantité de chaleur qu'elle continue à produire pendant son refroidissement.

On admet généralement que la chaleur spécifique du corps des organismes est de 0,8. On aura alors pour la chaleur d'échauffement : $0,8 \times 30$ degrés $= 24$ calories.

Si on retranche ces 24 calories des 45 qui ont été émises pendant le refroidissement, on trouve que la Marmotte, en s'endormant, a encore dégagé 21 calories, mais en quinze heures, ce qui est insuffisant pour entretenir l'état de veille.

Pendant le refroidissement, il existe également un maximum de rayonnement, correspondant à celui qui se montre pendant le réchauffement, et situé entre le 26e et 16e degré de température interne de la Marmotte qui s'endort. Comme cela a été établi pour les autres mammifères, la Marmotte ne rayonne pas de la même manière que les corps bruts, suivant la loi de

Newton. On sait que le Lapin présente un optimum de rayonnement quand la température extérieure est de 12 à 14 degrés : il rayonne à ce moment davantage de chaleur qu'à 0 degré et à 25 degrés.

La Marmotte a son *optimum de rayonnement* vers 10 degrés, précisément à la température qui lui est la plus favorable pour tomber en torpeur.

Conclusions du chapitre VII :

1° *Par l'emploi combiné de la calorimétrie indirecte et de la calorimétrie directe, on peut évaluer à 880 calories environ la chaleur représentant l'énergie dégagée de ses réserves alimentaires, et transformée en travail physiologique par la Marmotte, pendant l'hivernation ;*

2° *Le travail physiologique accompli pendant cette période est de 373.544 kilogrammètres, c'est-à-dire équivalent à celui qu'il faudrait pour élever une Marmotte de 1 kilogramme 76 fois à la hauteur du mont Blanc;*

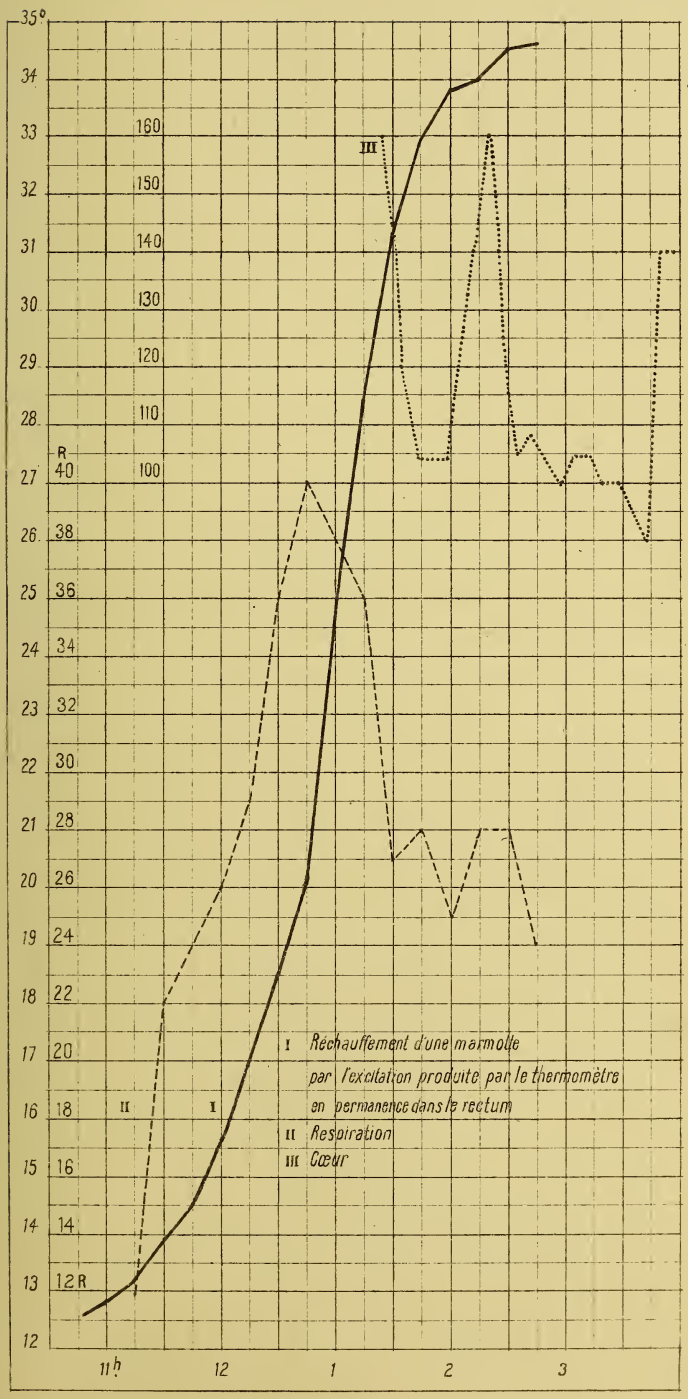
3° *L'énergie ayant servi à accumuler la provision énergétique hivernale dans les réserves physiologiques, pendant l'été, peut être évaluée à 14.688 calories;*

4° *Pendant le réveil, il y a une zone optima de rayonnement comprise entre 16 et 26 degrés, deux minima, l'un entre 6 et 16 degrés et l'autre entre 26 et 36 degrés;*

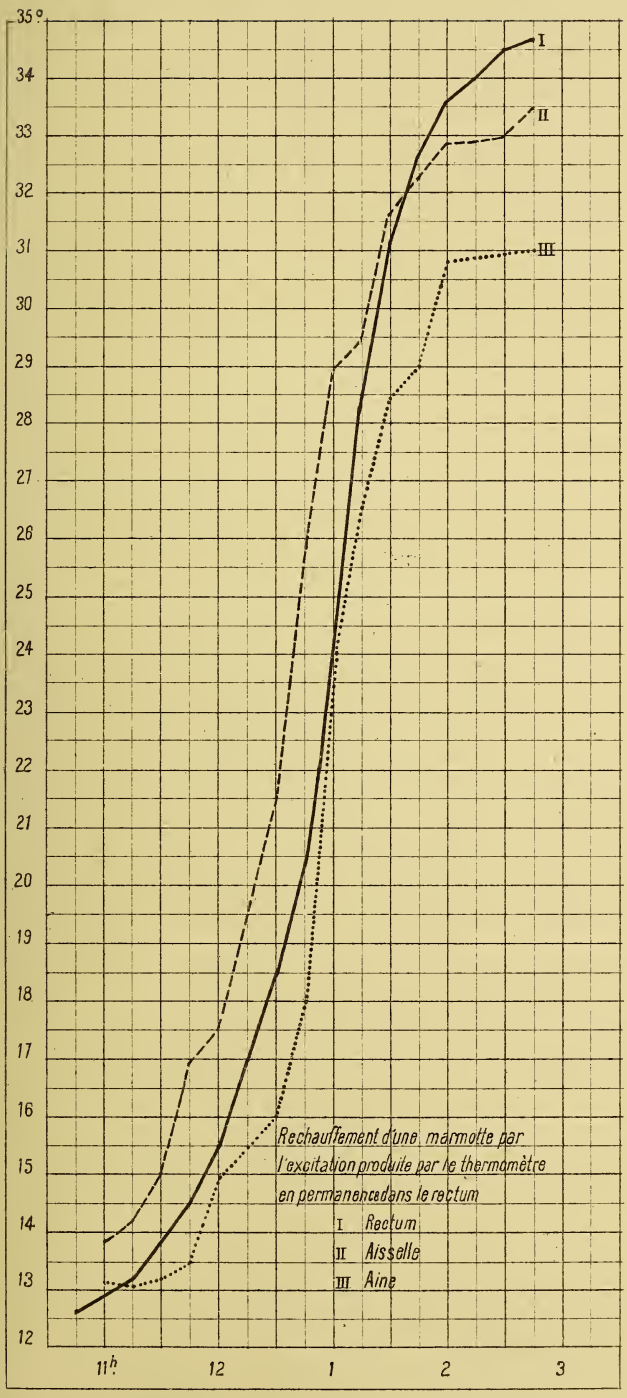
5° *La courbe de rayonnement établie dans la période de veille et dans celle de refroidissement, pendant laquelle l'animal s'endort, ne ressemble pas à celle du réchauffement de réveil; cependant il est très intéressant de constater que le maximum de rayonnement est aussi compris entre 26 et 16 degrés.*

L'optimum de rayonnement pour la Marmotte éveillée, est à une température extérieure voisine de + 10 degrés, c'est-à-dire de celle qui est la plus favorable à la production de la torpeur hivernale.

Pl. I


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
R
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12 R
160
150
140
130
120
110
100
III
II
I
I Réchauffement d'une marmotte par l'excitation produite par le thermomètre en permanence dans le rectum
II Respiration
III Cœur
11h
12
1
2
3

Pl. 2


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11h
12
1
2
3
I
II
III
Rechauffement d'une marmotte par l'excitation produite par le thermomètre en permanence dans le rectum
I Rectum
II Aisselle
III Aine

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY LIBRARY

CHAPITRE IX

TEMPÉRATURES

Température estivale et hivernale de la Marmotte en état de veille. — Température pendant le sommeil et aux divers moments du réveil. — Température des diverses parties du corps pendant le réchauffement automatique du réveil.

En été, dans le laboratoire, la température rectale de la Marmotte est de 37°5, en moyenne. Elle présente, comme chez l'Homme, de petites oscillations quotidiennes.

Au début de l'hivernation, les oscillations deviennent de plus en plus prononcées, sans cesser d'être quotidiennes, mais progressivement s'allonge la durée des périodes pendant lesquelles la température reste basse. La Marmotte arrive ainsi à ne plus retrouver, dans le courant de l'hiver, qu'une fois par mois environ une température interne voisine de celle qu'elle a l'été.

Pendant le sommeil profond ou torpeur hivernale, la température interne peut s'abaisser à quelques dixièmes de degré seulement au-dessus du milieu ambiant.

Le 18 février 1895, la température d'un des chenils étant descendue à 4 degrés, j'ai relevé les chiffres suivants :

Petites Marmottes.	Tempér.	rectale.	4°6	4°6	4°8	4°8	»
— —	—	buccale.	4°6	4°6	4°9	4°8	»
Grosses Marmottes.	Tempér.	rectale.	7°2	5°8	6°6	6°	7°6
— —	—	buccale.	7°6	6°8	7°	6°2	8°

Pendant le réchauffement, on voit se dérouler successivement toutes les phases du réveil, dont j'ai déjà parlé et chacune d'elles peut se caractériser par degrés déterminés.

Au-dessous de 10°. .	Torpeur	Commencement du réveil.
De 10° à 15	Sommeil profond .	— —
— 15° 25	— léger . .	Demi-réveil.
— 25° 30	Ivresse.	—
— 30° 35	Réveil complet . .	Fin du réveil.
— 35° 37°5 . . .	Etat de veille. . .	— —

En hiver, la température de l'état de veille ne dépasse pas, en général, 36 à 36°5 et reste même souvent inférieure.

Je n'ai jamais constaté d'hyperthermie véritable, c'est-à-dire une température interne supérieure à 38° chez ces animaux, même après les plus graves opérations.

On voit sur la *planche 1* que la courbe du réchauffement a la forme caractéristique d'une S, comme celle du rayonnement. Entre 16 et 33 degrés, la température s'élève plus vite qu'au commencement et à la fin du réveil.

La même planche montre également que la respiration s'accélère beaucoup jusqu'à 27 degrés et le cœur jusqu'à 33 degrés pour éprouver ensuite un grand ralentissement, alors que la température continue à monter.

Dans les conditions ordinaires, le réchauffement se fait en trois ou quatre heures et la chute de la température interne exige trois ou quatre fois autant de temps.

Outre les grandes oscillations de réveil, on en observe qui viennent se greffer sur les courbes de sommeil, mais elles sont très petites.

Chez les animaux dérangés par des expériences, on voit assez souvent se produire de *faux réveils* pendant lesquels la température peut s'élever, par exemple de 10 à 20 degrés pour retomber ensuite à 10 degrés.

Au lieu de ces *réchauffements incomplets*, il peut y avoir des *refroidissements partiels :* la température s'abaissera de

36 degrés à 25 ou à 20 pour se relever avant que la torpeur ait été atteinte, mais ce sont des cas exceptionnels.

Toutes les causes modificatrices du sommeil, dont j'ai parlé à propos de celui-ci, agissent naturellement sur la température. Les phénomènes, torpeur, sommeil, réveil, veille, sont intimement liés à ceux de la calorification qui les accompagnent.

Il arrive que la cause provocatrice du réchauffement a disparu depuis déjà quelques instants quand celui-ci commence. De même, la respiration s'accélère un certain temps avant que la température s'élève.

La Marmotte qui a fourni la courbe de la planche 1 a été réveillée par la présence en permanence d'un thermomètre dans le rectum, mais la forme caractéristique en S se retrouve toujours quelle que soit la nature de l'excitation provocatrice du réveil.

Plusieurs savants : Berger, Mangili, Saissy, Valéntin, Quincke, Horwath ont observé, au même moment, des différences notables de température entre les divers points du corps de l'hivernant.

En me servant du même procédé de réveil que dans l'expérience de la planche 1, j'ai suivi comparativement avec celui de la région abdominale, le réchauffement de l'aisselle et de l'aine.

Dans la *planche 2*, on voit que la température rectale, quoique plus basse au début, atteint finalement le plus haut degré de réchauffement ; celle de l'aisselle suit une marche à peu près parallèle jusqu'à 29 degrés, pour monter moins vite, à partir de ce moment, et arriver à un degré au-dessus de celle de l'abdomen.

Le réchauffement de l'aine, plus lent, au début, a été plus rapide ensuite de 18 à 24 degrés, puis il s'est ralenti et presque arrêté vers 31 degrés, chiffre qu'il n'a pas dépassé : à la fin de l'observation, sa température était inférieure à celle du rectum de 4 degrés.

On peut, à l'aide du thermomètre, pousser plus loin l'étude de la *topographie calorifique* en suivant encore comparative-

ment le réchauffement dans le rectum, la bouche, l'œsophage, le foie et les muscles.

A la fin de l'expérience *(pl. 3)*, la température de l'œsophage était la plus élevée ; c'est aussi cette région qui s'est réchauffée le plus vite. Ensuite vient le foie, dont la température au début était de 0°6 inférieure à celle de l'œsophage et, à la fin, de 0°3 seulement. L'élévation de la température buccale a marché parallèlement à celle du foie jusque vers 30°5, pour se ralentir ensuite : elle s'est relevée vers 33°5, mais n'atteignait finalement qu'un chiffre inférieur de 1 degré à la température du foie. Le rectum s'est échauffé beaucoup moins vite que les autres régions. Vers le milieu du réchauffement, l'écart entre l'abdomen et l'œsophage était très grand, environ de 14 degrés.

Les muscles se sont réchauffés plus lentement, moins complètement que les autres régions, mais, au début, leur température était plus élevée que celle de l'œsophage de 0,4 degrés.

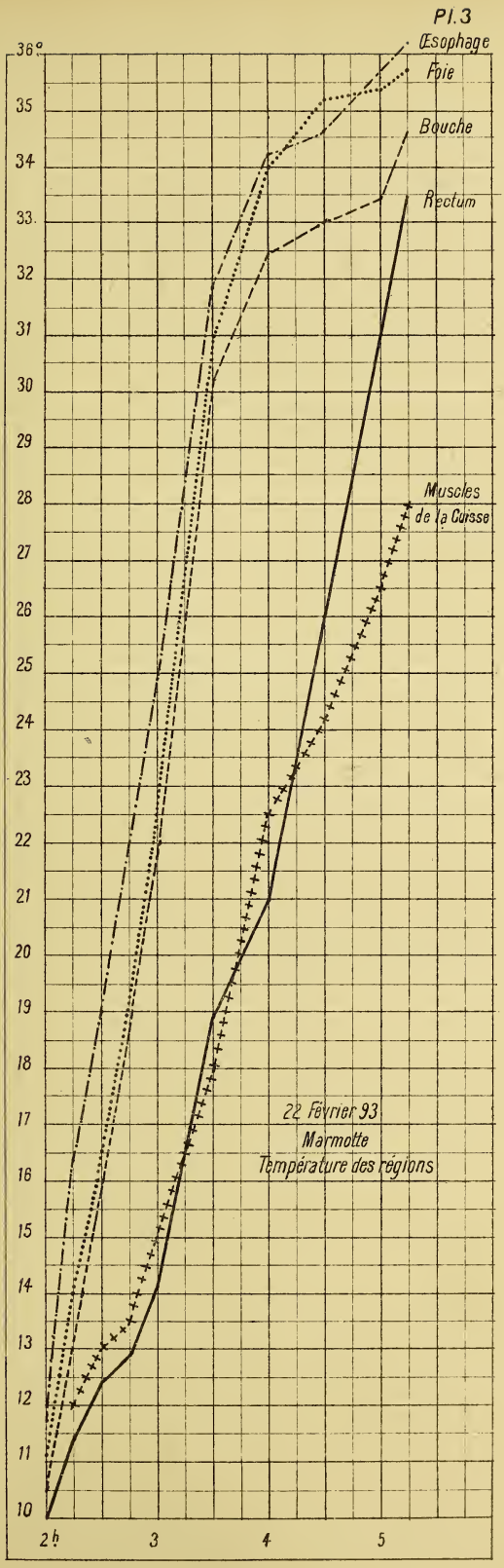
Les explorations thermo-électriques ont montré que les températures locales allaient en décroissant dans l'ordre suivant : cœur, foie, poumon, muscles de la cuisse, chez une Marmotte dont la température rectale était de 11°2.

Voici les résultats d'une seconde exploration pratiquée, à diverses températures au moyen des aiguilles thermo-électriques.

Les deux aiguilles étaient marquées A et B. Quand A s'échauffait, la déviation se faisait dans le sens des numéros décroissants, et, pour B, dans l'ordre des numéros croissants.

Première épreuve, 2 h. 15, temp. rect. 12; temp. bucc. 12°8.

1° A muscles du dos (gouttière). B muscle pectoral.	Déviation de 24,5 32,5.
2° A muscles du dos. B muscle masséter.	D. de 24,5 à 11.
3° A muscles du dos. B — de la cuisse.	D. de 24,5 vers les numéros décroissants (l'image de la règle sort du miroir).
4° A foie. B muscle pectoral.	D. de 24,5 à 37.


Pl. 3
Œsophage
Foie
Bouche
Rectum
Muscles de la Cuisse
22 Février 93
Marmotte
Température des régions
36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
2h
3
4
5

Première conclusion. — Le muscle pectoral s'échauffe plus que ceux du dos et que le foie, les muscles du dos s'échauffent plus que le masséter et que la cuisse.

Deuxième épreuve, 3 h. 15, temp. rect. 14°6; temp. bucc. 18°4.

1°	A muscles du dos. B pectoral.	D. 24,5 à numéros décroissants (la règle sort du miroir).
2°	A muscles du dos. B masséter.	D. de 24,5 à 15.
3°	A muscles du dos. B cuisse.	D. 24,5 à numéros décroissants (la règle sort du miroir).
4°	A foie. B muscle pectoral.	D. 24,5 à numéros croissants (la règle sort du miroir).

Deuxième conclusion. — Le muscle pectoral s'échauffe plus que ceux du dos et que le foie, et les muscles du dos plus que le masséter et les muscles de la cuisse.

Troisième épreuve, 4 h., temp. rect. 22°4; temp. bucc. 29.

1°	A muscles du dos. B muscle pectoral.	D. de 24,5 vers les numéros croissants (la règle sort).
2°	A muscles du dos. B masséter.	D. de 24 à 19.
3°	A dos. B cuisse.	D. de 24 à numéros décroissants (la règle sort).
4°	A foie. B pectoral.	D. de 24 à 35.

Troisième conclusion. — Le muscle pectoral s'échauffe plus que le foie et que les muscles du dos; ces derniers plus que le masséter et que les muscles de la cuisse.

Des faits exposés dans ce chapitre, on peut tirer les conclusions suivantes :

La température interne de la Marmotte s'élève l'été, en moyenne, à 37°5 et pendant la veille, en hivernation, elle dépasse rarement 36°5 : elle peut s'abaisser jusqu'à 4°6 dans le rectum, à l'état de profonde torpeur ;

On ne constate pas d'hyperthermie, même après les plus graves opérations, chez la Marmotte ; pendant le réchauffement automatique du réveil, la courbe des températures a la forme d'une S allongée, comme celle du rayonnement, parce que la température s'élève plus rapidement dans la période moyenne. Cette courbe, avec l'aire qu'elle circonscrit, peut servir d'indication pour la quantité de chaleur produite pendant le réveil ;

La température centrale s'élève de 30 degrés, en trois ou quatre heures. Il faut quatre à cinq fois autant de temps pour qu'elle s'abaisse de la même quantité ;

On observe parfois de faux réveils et des refroidissements partiels accompagnés d'élévation ou d'abaissement de température de quelques degrés seulement ;

Ce sont les oscillations thermiques quotidiennes de l'été qui se transforment progressivement en grandes oscillations hivernales ;

Le réchauffement automatique ne commence souvent que plusieurs instants après que la cause excitatrice du réveil a été supprimée ;

La température de la moitié antérieure du corps s'élève davantage que celle de la moitié postérieure et plus vite ;

Avec le thermomètre, on constate que l'œsophage s'échauffe plus que le foie et celui-ci plus que les muscles : il y a parfois entre l'organe hépatique et les parties contiguës de la masse abdominale plus de dix degrés de différence ;

Les explorations thermo-électriques montrent que chez la Marmotte en torpeur les températures locales vont en décroissant dans l'ordre suivant : cœur, foie, poumon, muscles de la cuisse ;

Elles ont, de plus, indiqué qu'aux divers temps du réchauffement la température du muscle pectoral est plus élevée que

celle des muscles du dos et que celle du foie. Les muscles de la cuisse et les masséters ont toujours une température inférieure à celle des autres régions; cependant, à partir de la seconde période du réchauffement, le masséter est animé de frémissements musculaires qui prennent parfois la forme de véritables frissons, et, pendant la torpeur, tous les muscles conservent leur tonicité, laquelle est même exagérée;

Le réchauffement commence par le foie et se complète principalement par l'activité du muscle cardiaque et des muscles respiratoires, dont le fonctionnement augmente beaucoup pendant le réveil et la veille.

TROISIÈME PARTIE

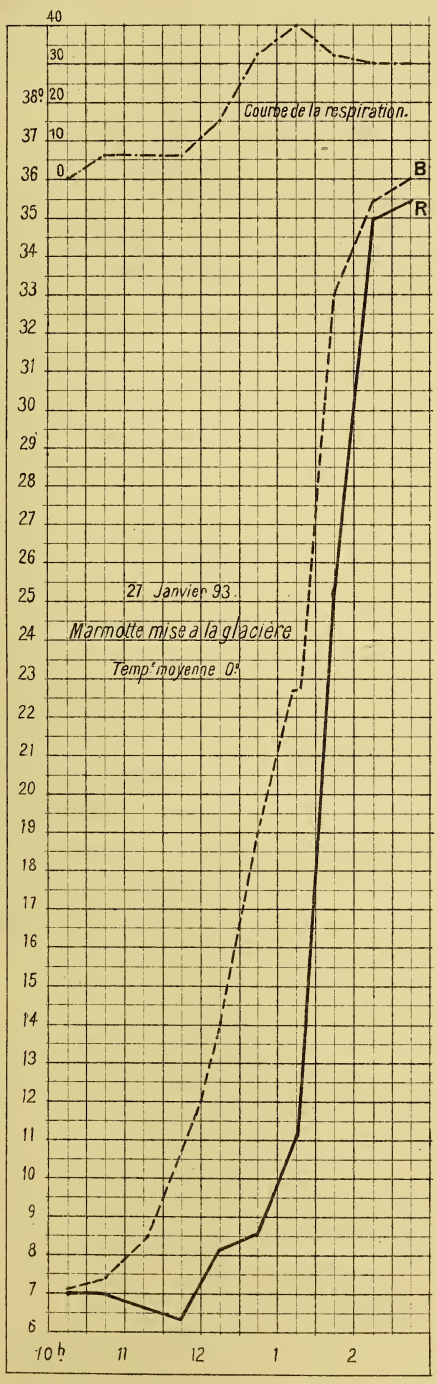
Jusqu'à présent, nous avons observé la Marmotte normale dans le milieu normal. Maintenant, le sujet restant normal, c'est-à-dire non modifié par le poison ou le scalpel, nous ferons varier expérimentalement le milieu : c'est exceptionnellement que le fonctionnement normal sera modifié par l'expérimentateur en même temps que le milieu. Cette troisième partie restera donc complètement expérimentale, comme la quatrième d'ailleurs, mais dans cette dernière, l'animal seulement sera modifié, le milieu restant normal.

CHAPITRE X

ETUDE EXPÉRIMENTALE ET COMPARÉE DES CAUSES EXTERNES MODIFICATRICES DE LA TEMPÉRATURE DES MAMMIFÈRES HIVERNANTS

L'action du froid produit sur les Marmottes deux effets absolument opposés. Pour les raisons données précédemment, une température voisine de 10 degrés les refroidit et les endort, tandis qu'un abaissement vers 0 degré les réveille par un mécanisme qui sera étudié dans ce chapitre.

Pl. 4.


40
30
20
10
0
38°
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
Courbe de la respiration.
B
R
27 Janvier 93.
Marmotte mise a la glacière
Temp' moyenne 0°
10 h
11
12
1
2

Chez les autres animaux, le froid, quand il est très vif, peut exciter assez fortement les nerfs sensibles de la peau pour provoquer la disparition rapide du glycogène, avec accélération des mouvements respiratoires, augmentation de l'absorption de l'oxygène et de l'élimination de l'acide carbonique.

Il n'en est pas toujours ainsi, car il résulte des recherches d'André Sanson (1) sur les herbivores dans les conditions normales, que la respiration élimine d'autant moins d'acide carbonique que la température est plus basse.

Etablissons d'abord expérimentalement que le froid réveille les Marmottes engourdies et étudions le *réchauffement d'une Marmotte jeune placée dans une glacière à 0 degré.* (V. *planche 4.)*

Au début il y a eu un réchauffement immédiat de la partie antérieure, tandis que la partie postérieure s'abaissait de 0°6. Ce n'est qu'au bout d'une heure quarante-cinq minutes que la température rectale a commencé à s'élever, mais le réchauffement a été plus rapide à partir de 11 degrés. Vers 35 degrés, les températures buccale et rectale étaient à peu près égales au même moment. La respiration a été accélérée dès le début et surtout entre 12 et 23 degrés dans la bouche, et entre 6 et 12 degrés dans le rectum. Mais, à partir de ce moment, elle a fléchi pour se maintenir cependant assez élevée. Au commencement, la Marmotte pesait 635 grammes et, à la fin, 632 grammes : elle n'avait perdu, pendant son réchauffement, que 3 grammes.

Le retard du réchauffement dans toute la partie postérieure du corps est très intéressant à noter, car on voit nettement que c'est la partie antérieure qui fournit la chaleur de réchauffement, dans les premiers temps surtout. La respiration s'est comportée comme dans un réveil normal.

Ces phénomènes ont été encore plus marqués dans le cas sui-

(1) *Journ. anat. et phys.*, mars 1876.

vant de *réchauffement d'une Marmotte adulte par le séjour dans la glacière (planche 5).*

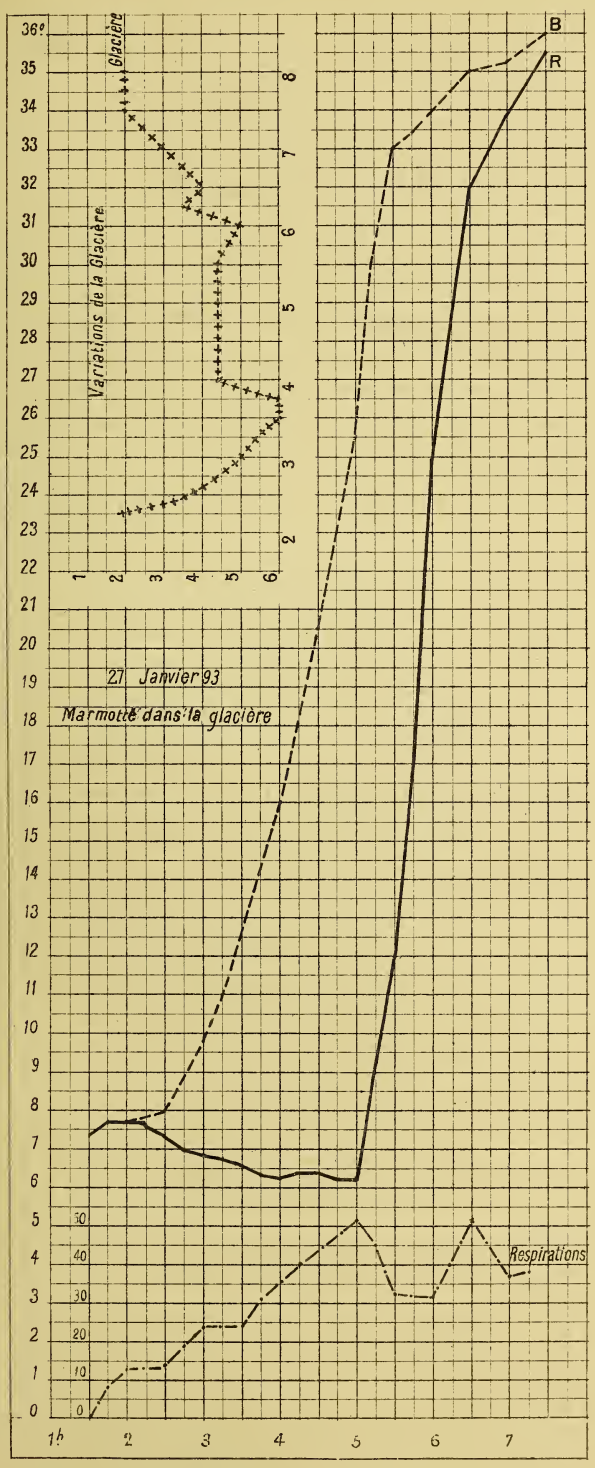
Le sujet pesait près de 3 kilogrammes.

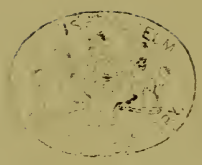
Tempér. buccales.	
7°4	Mouvements respiratoires imperceptibles;
7°6	Petits mouvements des membres;
7°3	Respiration ample accompagnée de mouvements des membres antérieurs, membres postérieurs absolument immobiles;
11°	Trémulations et oscillations de la tête;
11°2	Oscillations de la tête, animal calme;
18°	Animal roulé en boule, oscillations dans toute la partie antérieure du corps;
20°4	Tremblement ou frisson musculaire;
23°	Tremblement, mais dans la partie antérieure seulement;
30°	L'animal se met sur ses pattes;
33°	Il est calme.

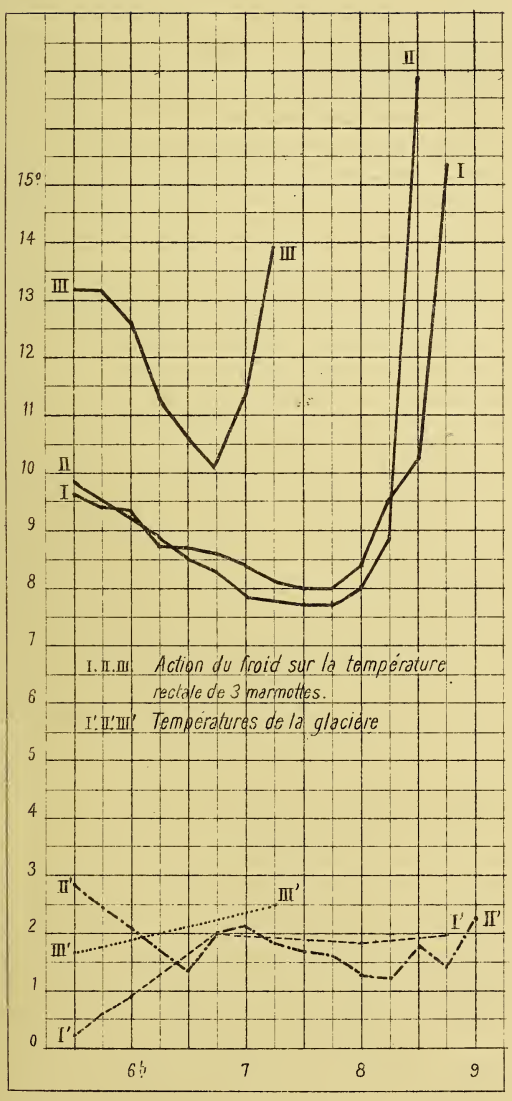
Le retard du réchauffement de la partie postérieure et même son refroidissement sont encore plus accentués que dans l'expérience précédente. Mais les deux graphiques des planches 4 et 5 montrent qu'une fois le réchauffement postérieur commencé il marche plus vite que le réchauffement antérieur, de sorte que le retard initial se trouve, à la fin, à peu près compensé : il est vrai que l'échauffement se ralentit à ce moment vers la partie antérieure. La respiration s'est comportée comme dans le réveil normal et des oscillations de quelques degrés dans le milieu ambiant n'ont pas modifié les courbes.

Il est curieux de voir que la température n'était que de 6°2 dans le rectum, quand elle atteignait déjà 25°5 dans la bouche.

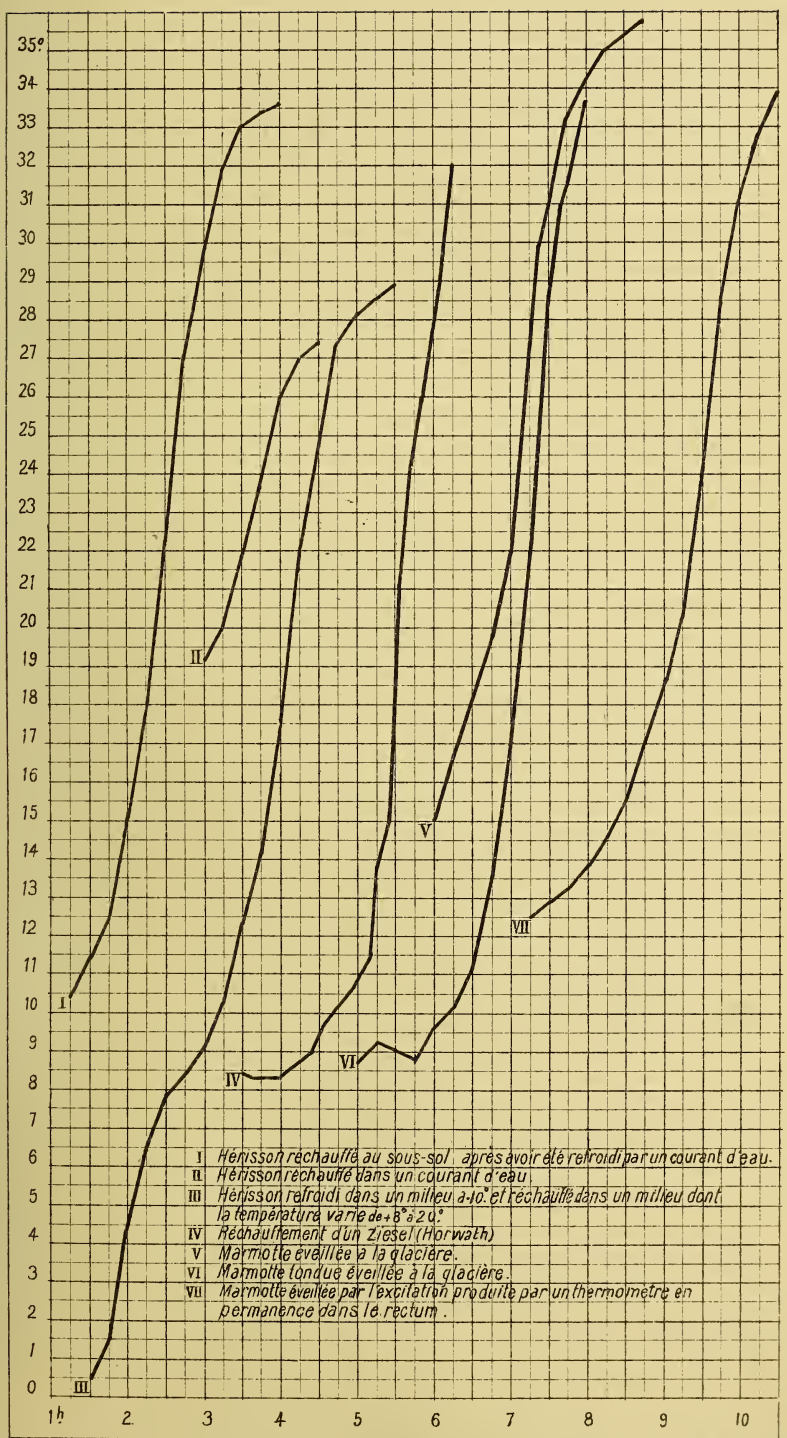
L'abaissement de la température de la partie postérieure du corps peut être encore plus accentué, comme le montrent les courbes I, II et III de la *planche 6;* mais le départ du réchauffement paraît d'autant plus brusque que le refroidissement a été plus profond.


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
B
R
Variations de la Glacière
Glacière
27 Janvier 93
Marmotte dans la glacière
Respirations
50
40
30
20
10
0
1h
2
3
4
5
6
7




15°
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
6½
7
8
9
I
II
III
I. II. III. Action du froid sur la température rectale de 3 marmottes.
I'. II'. III'. Températures de la glacière
I'
II'
III'

NATURAL HISTORY MUSEUM LIBRARY


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1h
2
3
4
5
6
7
8
9
10
I
II
III
IV
V
VI
VII
I Hérisson réchauffé au sous-sol, après avoir été refroidi par un courant d'eau.
II Hérisson réchauffé dans un courant d'eau.
III Hérisson refroidi dans un milieu à 10° et réchauffé dans un milieu dont la température varie de +8° à 20°.
IV Réchauffement d'un Ziesel (Horwath)
V Marmotte éveillée à la glacière.
VI Marmotte tondue éveillée à la glacière.
VII Marmotte éveillée par l'excitation produite par un thermomètre en permanence dans le rectum.

Les diverses courbes du réchauffement réunies dans la *planche 7* montrent que sa marche est à peu près la même, quelle que soit sa cause ; en outre, qu'il s'agisse du Hérisson, du Ziesel ou de la Marmotte, c'est la forme en S que l'on retrouve.

Dans une expérience, deux Marmottes furent mises à la glacière : l'une ayant une température rectale de 15 degrés, et l'autre de 8°8. En trois heures quarante-cinq minutes, la température de la première s'est élevée à 35°5 et celle de la seconde à 33°5, c'est-à-dire que cette dernière n'avait, à la fin, qu'un retard de 2 degrés, mais, dans le même temps, elle avait monté de 24°7 et la première seulement de 20°5 ; donc elle avait gagné quatre degrés.

Il faut, par conséquent, à peu près le même temps à une Marmotte pour sortir de son sommeil, qu'elle soit en torpeur profonde ou aux environs de 15 degrés.

L'exposition à l'*air extérieur froid* suffit pour réveiller les Marmottes, comme cela a été noté par divers observateurs.

Une Marmotte qui avait une température rectale de 12 degrés fut retirée du sous-sol où elle hivernait et exposée au dehors à un froid voisin de 0 degré ; au bout d'un quart d'heure, la température rectale était de 14 degrés, et, cinq heures plus tard, de 34 degrés. A la fin de l'expérience, la température était seulement de + 6 degrés. Cette Marmotte était cependant restée attachée et immobilisée sur la planche à vivisection.

L'*immobilisation* ne modifie pas la courbe de réchauffement : elle a été la même pour deux sujets placés à côté l'un de l'autre, mais dont l'un était libre et l'autre attaché.

Le séjour prolongé dans le puits de glace n'engourdit pas les Marmottes éveillées : l'une d'elles y avait été placée avec une température de 34 degrés. Au bout d'une heure, elle avait 29 degrés, et, cinq heures après, 29°6.

Cependant c'était une Marmotte tondue, mais elle se comportait à peu près comme les autres, sauf que la durée des sommeils était abrégée et qu'elle avait maigri plus vite, ce qui

n'est pas extraordinaire d'après ce que l'on sait du rôle de la fourrure [1].

Les tentatives faites par divers expérimentateurs et par moi-même, en hiver, pour endormir les Marmottes par des mélanges refrigérants, ont échoué : après avoir lutté contre le froid énergiquement, les animaux se sont bien refroidis, puis ils sont tombés dans un état qui n'est pas la torpeur hivernale et la mort n'a pas tardé à venir.

Cependant, Saissy est parvenu à endormir, en été, une Marmotte dans une glacière, mais la température y était de 10 degrés et il avait bouché le trou par où l'air pénétrait. D'après ce que nous avons dit antérieurement, ce résultat n'a rien de surprenant.

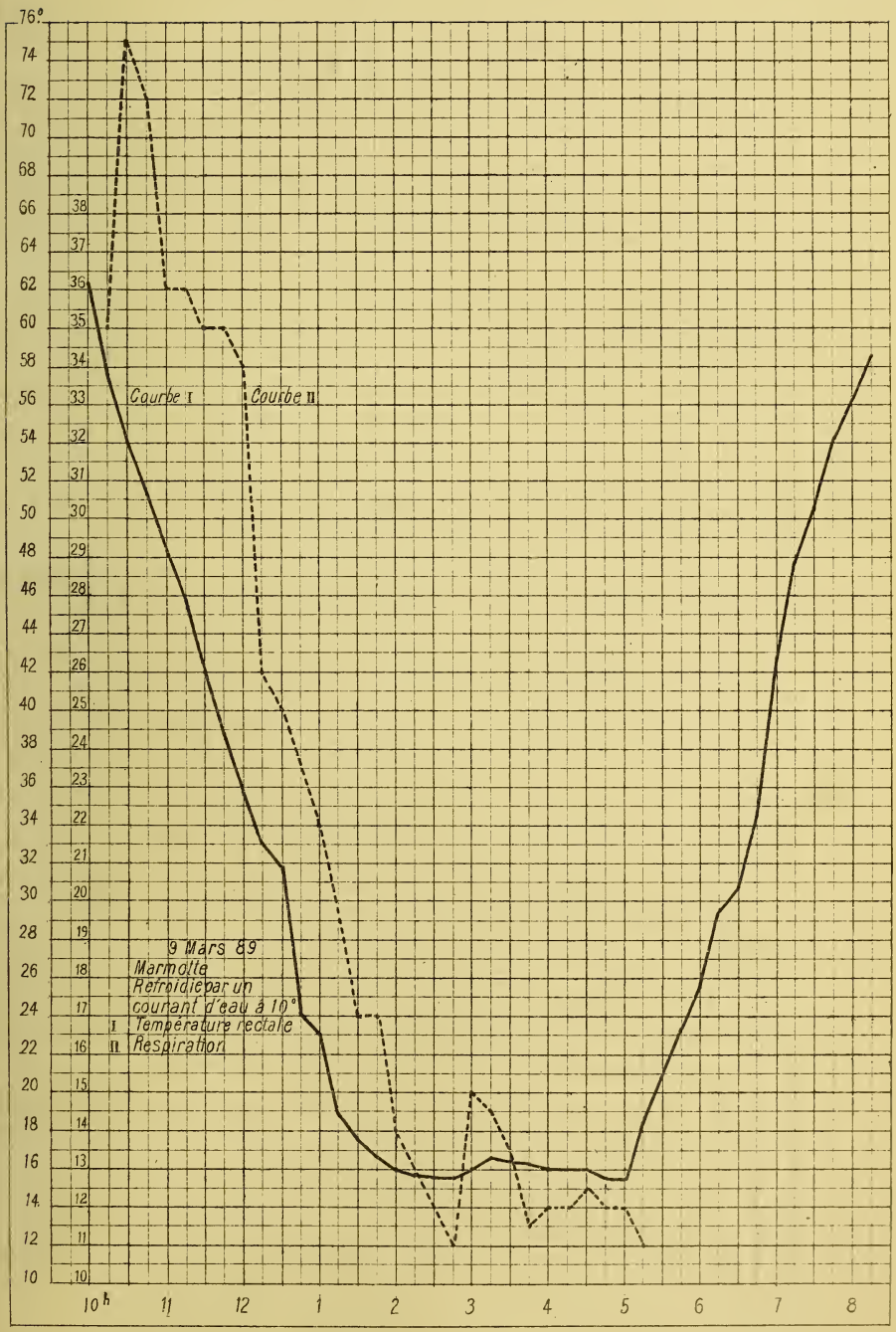
Quelques animaux: Marmottes, Hérissons, Lapins ont été soumis à l'*action d'un courant d'eau froide.*

Une Marmotte tondue a été immergée, sauf la tête, dans un courant d'eau à 10 degrés: sa température rectale initiale était de 36°2. D'abord, elle s'est débattue et la respiration s'est considérablement accélérée et amplifiée, mais au bout d'une demi-heure, elle était plus calme. En cinq heures environ, comme le montre le graphique de la *planche 8*, la température de l'animal était tombée de 36 à 13 degrés et, fait important à noter, le nombre des mouvements respiratoires avait diminué proportionnellement à la température, à partir du début du refroidissement. La température interne voisine de 13 degrés a pu être maintenue sans dangers pendant deux heures et demie.

Dès que l'action du froid a cessé, l'animal a commencé son réchauffement, mais le départ de celui-ci a été très brusque, ce qui modifie un peu la forme générale de la courbe.

Si la température de l'eau est plus élevée, 13 à 14 degrés,

[1] R. Dubois, Contribution à l'étude de la température centrale chez quelques mammifères; influence du pelage sur la température et sur l'alimentation (*Journ. de méd. vétér. et de zootechnie*, septembre 1888).


76°
74
72
70
68
66
64
62
60
58
56
54
52
50
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
Courbe I
Courbe II
9 Mars 89
Marmotte
Refroidie par un
courant d'eau à 10°
I Température rectale
II Respiration
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8

EUM
LIBRARY

celle de la Marmotte ne varie guère : l'une d'elles, après être restée pendant une heure et demie dans un courant d'eau à 13°4, en a été retirée avec une température rectale de 36°9 : celle du début était de 37°4.

Une Lapine du même poids placée dans les mêmes conditions mourait avec une température abaissée de 36°8 à 27 degrés, soit de 9°8.

Dans un autre cas où la température de l'eau était restée de 14 degrés, celle d'une Marmotte rasée et immergée avait monté de 37°4 à 37°7 dans la bouche et descendu de 37°6 à 33 degrés dans le rectum ; l'animal était calme, mais avait des mouvements spasmodiques des lèvres avec du grelottement.

Au bout d'une heure, la température buccale d'un Lapin rasé de même poids s'était abaissée de 36°7 à 26°8 et celle du rectum de 38 à 21 degrés. L'animal avait eu de l'agitation pendant toute la durée de l'expérience avec des mouvements spasmodiques des lèvres. Mais à 26 degrés, la respiration, déjà très ralentie, s'est arrêtée : on l'a rappelée en chauffant l'animal.

Le lendemain, la Marmotte avait une température rectale de 34°4 et le Lapin de 39°6. Seulement le Lapin avait perdu 175 grammes et la Marmotte 11 grammes.

Un Lapin ayant une température rectale de 38°5 fut soumis à un courant d'eau à 10 degrés : elle s'abaissa à 14 degrés en une heure quarante-cinq minutes. C'est la plus forte hypothermie que j'aie observée chez le Lapin, avec conservation de la vie. La respiration était devenue très rapide. On fit la respiration artificielle avec 28 insufflations trachéales par minute. Malgré cette ventilation énergique, et bien que l'animal fût retiré de l'eau, la température ne put s'élever que de 0°8. Vers 14°5 des trémulations des poils des joues et des moustaches apparurent, comme chez les Marmottes qui se réchauffent ; l'animal mourut cependant sans avoir pu se réchauffer davantage.

Pour savoir si dans la lutte contre le froid la moelle jouait un rôle, on pratiqua sa section avec la respiration artificielle à 30 puis à 40 mouvements par minute, sur un Lapin qui fut ensuite

soumis à l'action d'un courant d'eau à 10 degrés. Il se produisit un abaissement de 25 degrés en deux heures trente minutes. Chez cet animal, le réflexe vésico-rectal, qui se manifeste énergiquement avec la Marmotte engourdie, était très marqué après la section de la moelle ; mais il cessa sous l'influence du refroidissement avant celui que provoquait le pincement des membres antérieurs.

Si l'on compare (*planche 9*) les courbes du Lapin intact à celui qui avait eu la moelle coupée, on voit qu'elles sont semblables ; quant à celle de la Marmotte, elle montre que le refroidissement s'est fait plus lentement. La Marmotte que l'on refroidit n'est donc pas absolument semblable à un animal à moelle coupée à la partie supérieure.

Cependant on a comparé, et avec raison, comme nous le verrons plus tard, la Marmotte en train de s'endormir avec un animal à moelle sectionnée.

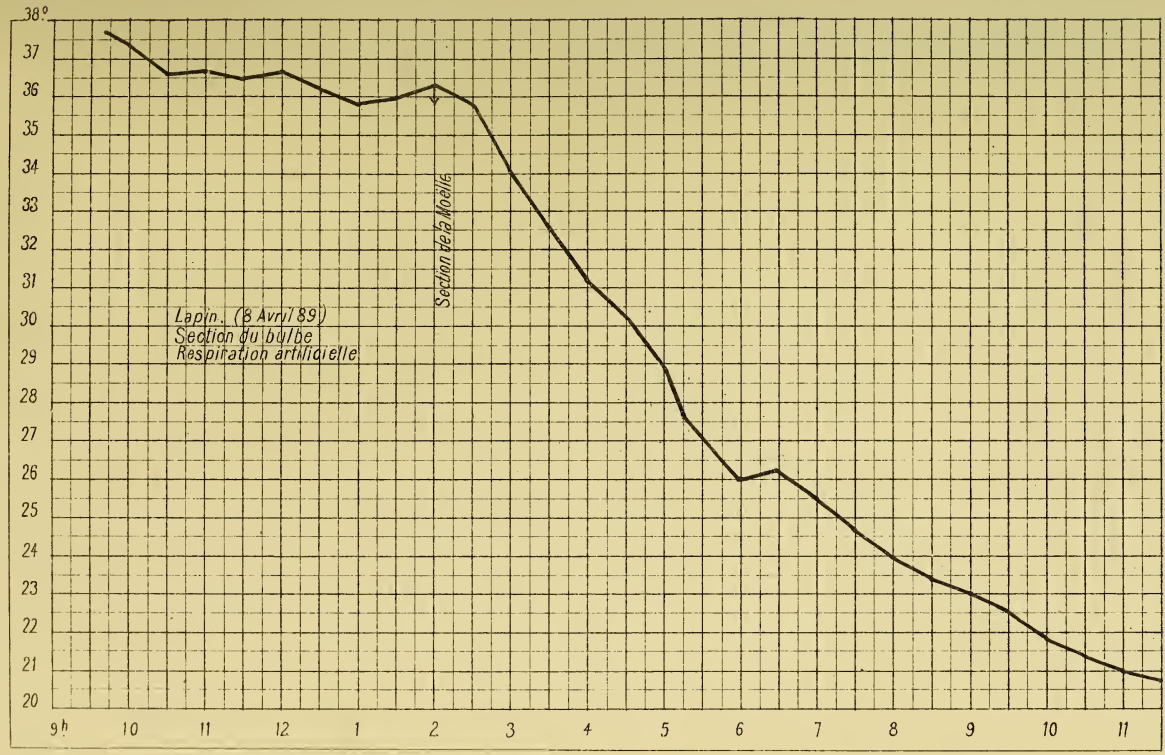
La courbe de la *planche 10* indique le résultat de cette opération, jointe à la respiration artificielle, dans l'abaissement de la température chez le Lapin abandonné ensuite à l'air libre, à une température voisine de 10 degrés.

La *section du bulbe avec respiration artificielle* détermine parfois chez le Lapin un refroidissement plus rapide, comme le montre la courbe II de la *planche 11*. Celui-ci est à peu près semblable à l'hypothermie déterminée par le vernissage de la peau.

La *destruction des filets nerveux périphériques* par insufflation du tissu conjonctif sous-cutané, peut aussi produire de l'hypothermie, mais elle survient plus tardivement et n'est que passagère.

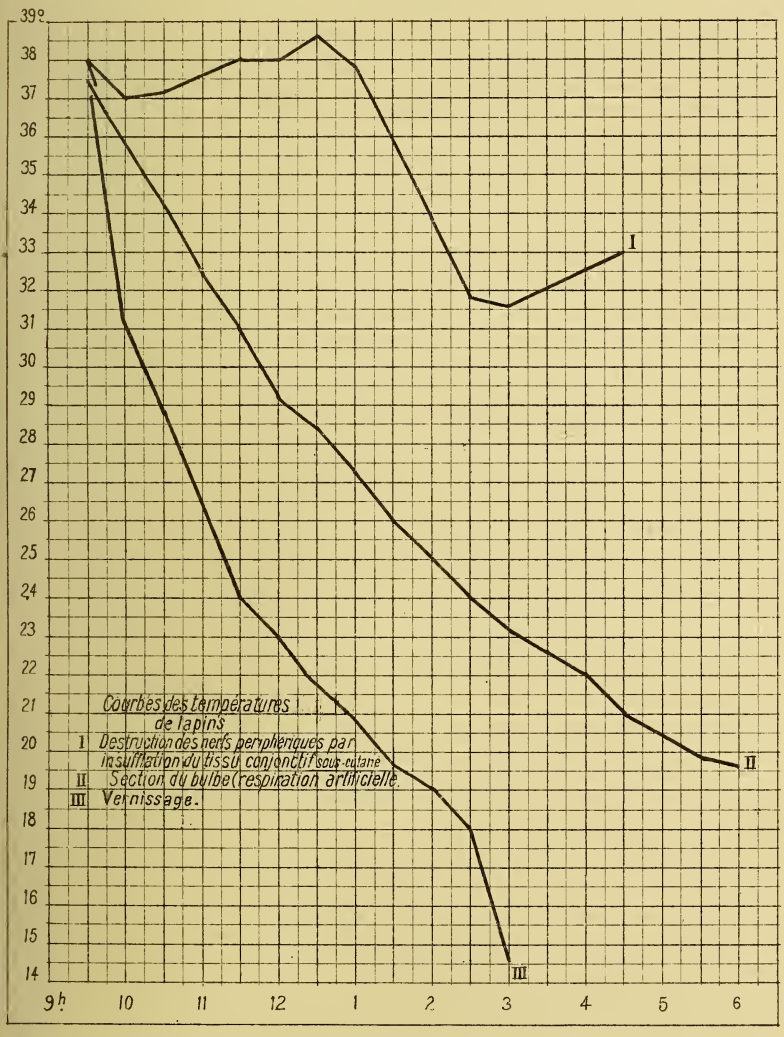
Le *vernissage* chez une Marmotte qui avait été incomplètement échaudée et dont la température ne s'était pas abaissée, amena, malgré cette double cause d'hypothermie, un refroidissement très lent, beaucoup plus lent que chez le Lapin, comme le montre la *planche 12*. La température de l'animal après s'être élevée légèrement, le premier jour, s'est ensuite abaissée

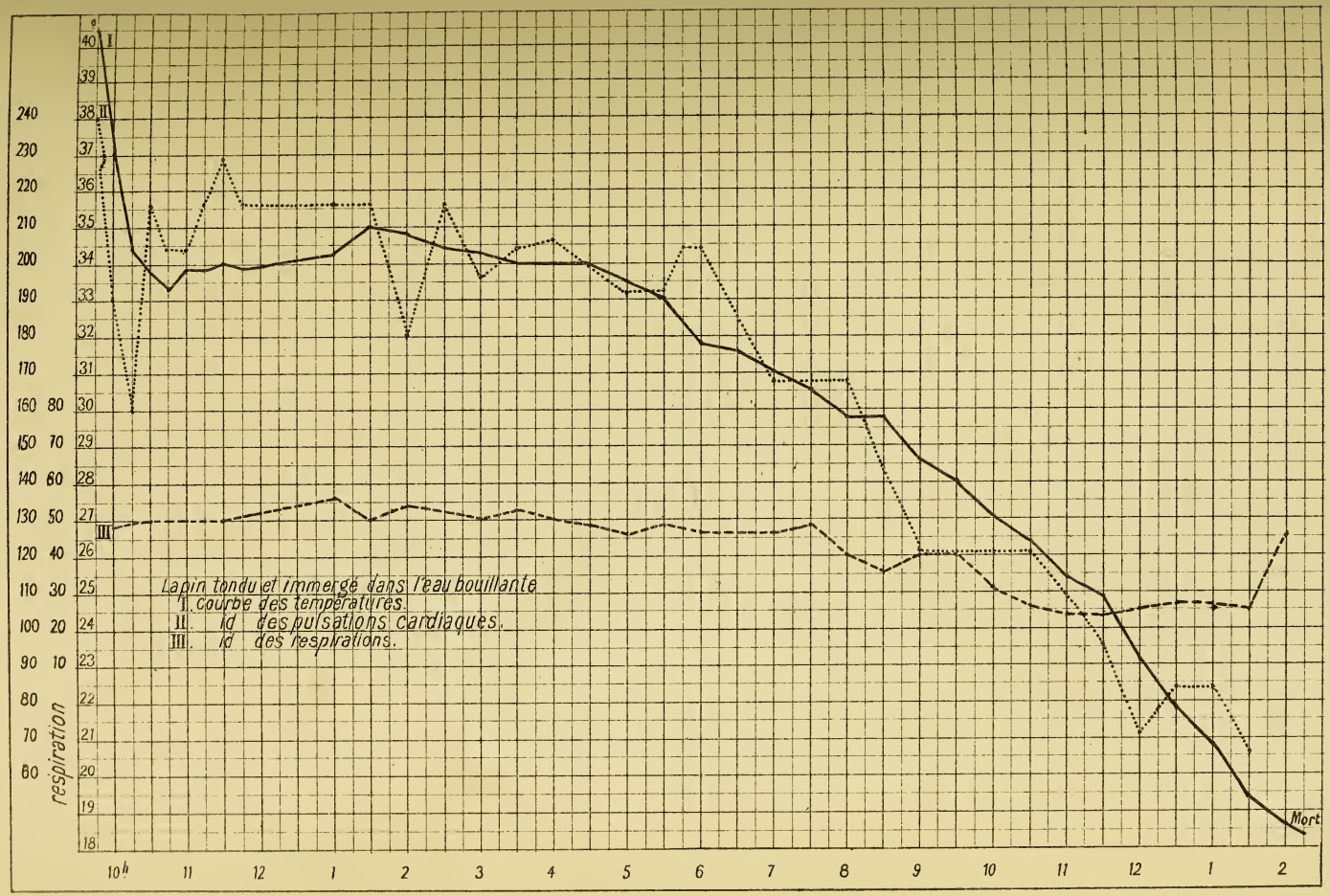
39°
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
10 h
11
12
1
2
I Lapin refroidi par un courant d'eau à +10°
II id à moëlle coupée, refroidi par eau à +10°
III Refroidissement d'une marmotte.
✱ Section de moëlle et respiration artificielle.
I
II
III
Sorti de l'eau


38°
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
9h
10
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
Section de la Moelle
Lapin. (8 Avril 89)
Section du bulbe
Respiration artificielle

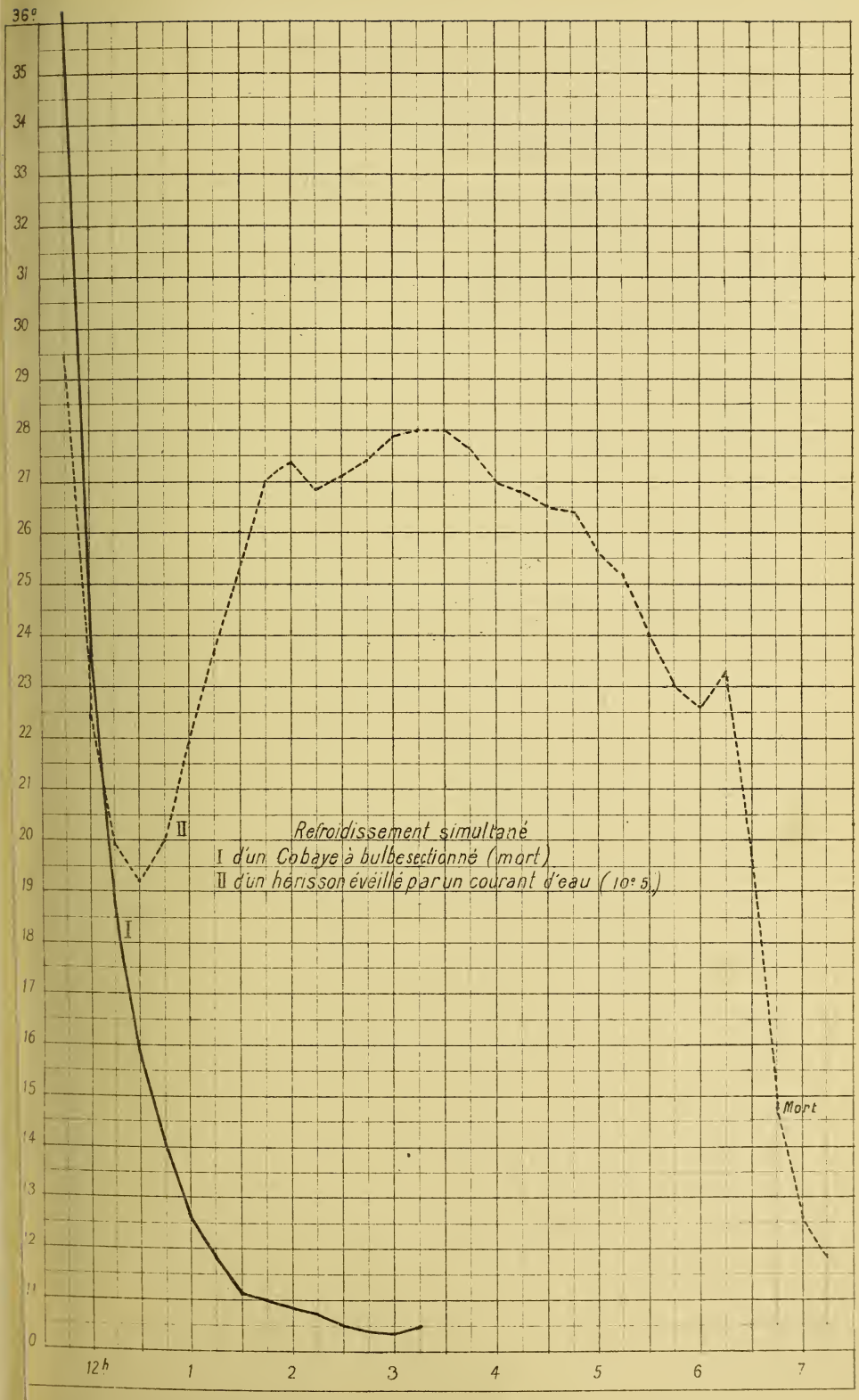
INSTITUTUM

Pl. 11.


39°
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
9h
10
11
12
1
2
3
4
5
6
I
II
III
Courbes des températures de lapins
I Destruction des nerfs périphériques par insufflation du tissu conjonctif sous-cutané
II Section du bulbe (respiration artificielle)
III Vernissage.


Lapin tondu et immergé dans l'eau bouillante
I. courbe des températures.
II. id des pulsations cardiaques.
III. id des respirations.
respiration
Mort
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
1
2

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
0
12h
1
2
3
4
5
6
7
Refroidissement simultané
I d'un Cobaye à bulbe sectionné (mort)
II d'un hérisson éveillé par un courant d'eau (10° 5.)
I
II
Mort

BRITISH MUSEUM
COLLATION
REGISTER

assez rapidement le jour suivant, et beaucoup plus lentement les troisième, quatrième et cinquième jours. Elle n'en a pas moins baissé de 36°5 à 11°5 en quatre jours. On sait que le vernissage augmente le rayonnement calorifique.

On peut également provoquer l'hypothermie par la *destruction ou l'altération de l'épiderme* au moyen de l'eau bouillante

La *planche 13* présente la courbe d'un Lapin tondu et immergé dans l'eau bouillante. Sa température rectale s'est abaissée de 40 à 18 degrés en dix-sept heures. Il est très remarquable que l'abaissement du nombre des battements du cœur ait marché parallèlement avec celui de la température, tandis que la respiration est restée à peu près uniforme jusqu'à la mort.

Toutes ces expériences prouvent, en somme, que, si l'on peut provoquer l'hypothermie physiquement, elle est déterminée également par des modifications de l'individu portant primitivement sur les centres (moelle) ou bien sur le système nerveux périphérique.

Aux expériences précédentes, j'en ajoute quelques-unes obtenues avec les Hérissons.

La *planche 14* montre que, si l'on place dans un courant d'eau froide à 10 degrés un animal mort, mais encore chaud et un Hérisson éveillé, jusqu'à un moment donné, ils peuvent se refroidir parallèlement ; arrivé à un certain degré, variable d'ailleurs avec l'état des individus, l'animal vivant se réchauffe ; mais si la soustraction de calorique continue, il se produit un nouveau refroidissement dont la courbe est différente et ressemble à celle d'un animal mort. Ce qui établit une différence entre le Cobaye mort et le Hérisson vivant, c'est donc seulement la réaction comprise entre 19 et 28 degrés.

Dans la première période de refroidissement, la respiration ne s'est pas comportée comme dans la seconde. D'abord lente et ample *(graphique I, fig. 47)*, elle s'est accélérée au début du réchauffement *(graphiques II, III)*, pour devenir très rapide dans la partie moyenne de celui-ci *(figures 48 et 49)*, mais elle ne s'est plus ralentie jusqu'à la mort *(fig. 50)*.

Fig. 47. — I. *Graphique respiratoire du début.* — II, III. *Commencement du réchauffement.* IV. *Réchauffement* de 20 à 27 degrés.

Fig. 48. — *Graphiques respiratoires* entre 27 et 28 degrés.

Fig. 49. — *Graphiques respiratoires* entre 28 et 23 degrés.

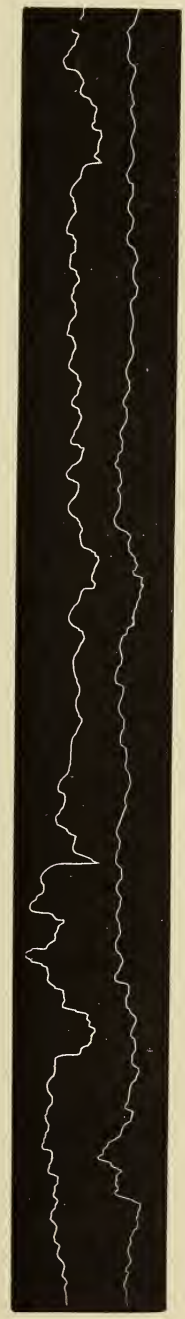


Fig. 50. — *Graphiques respiratoires un peu avant la mort.*

Un autre Hérisson a été refroidi par un courant d'eau à 10°5. Au début, la température s'est abaissée de 29 à 19 degrés pendant que la respiration tombait de 10 mouvements par minute, mais environ un quart d'heure avant que la température soit descendue à 19 degrés, la respiration s'est relevée brusquement à 88 mouvements par minute, et s'est maintenue avec cette fréquence jusqu'à 22 degrés. A partir de ce moment, la température s'est abaissée de nouveau jusqu'à la mort, mais dans cette expérience, la courbe de la respiration a suivi celle de la température jusqu'à la fin.

Les Hérissons refroidis artificiellement peuvent donc mourir, soit avec une respiration accélérée, soit avec une respiration ralentie, cela dépend probablement de la nature des réserves et de leur quantité.

Le graphique de la *planche 15* montre que les Hérissons peuvent subir des abaissements artificiels de température interne plus considérables que celui dont il vient d'être question et les supporter pendant longtemps sans que les réserves destinées au réchauffement fassent défaut.

Dans ce cas, le chiffre des mouvements respiratoires s'abaisse parallèlement à celui de la température. La respiration s'est accélérée, comme toujours, jusqu'au commencement du réchauffement, pour retomber ensuite un peu au-dessous de celui qu'elle avait pendant que la température de l'animal était comprise entre 10 et 11 degrés.

Les *planches 19 et 21* montrent la marche de la respiration et de la température chez un Hérisson dont le réchauffement a été provoqué par un abaissement préalable de la température au moyen d'un courant d'eau à 9 degrés.

Dans la *planche 20*, j'ai réuni un certain nombre de graphiques du refroidissement par courant d'eau pour montrer qu'ils se ressemblent à peu près tous : la Marmotte offre seulement un peu plus de résistance, même tondue, ce qui peut tenir simplement à sa graisse.

J'ai recherché quelles modifications le refroidissement exer-

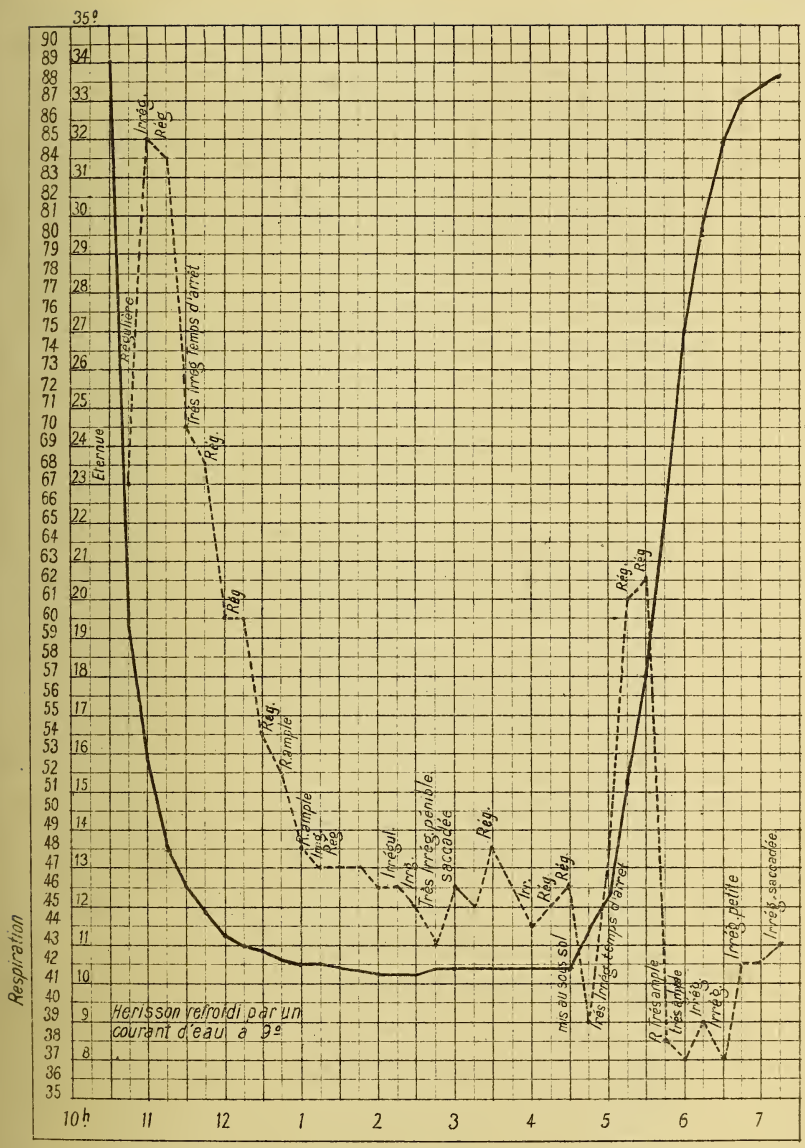

35°
Respiration
Hérisson refroidi par un courant d'eau à 9°
Régulière
Irrég.
Reg.
Très irrég. temps d'arrêt
Reg.
Irreg
Reg.
Ample
Irreg.
Reg
Irrégul.
Irrég.
Très irrég. pénible saccadée
Reg.
Irr.
Reg.
Reg
mis du sous sol
Très irrégulier temps d'arrêt
Reg.
Reg
R. très ample
Très ample
Irreg.
Irreg.
Très petite
Irrég. saccadée
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
7

Fig. 51. — *Pression dans la fémorale d'une Marmotte à 36 degrés.*

çait sur la pression intra-artérielle et voici une série de tracés qui prouvent que dans la partie postérieure du corps elle s'abaisse de plus en plus avec la température.

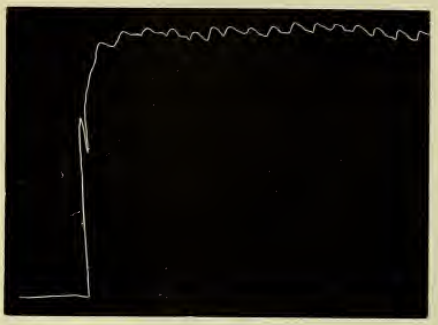


Fig. 52. — *Même Marmotte* de 36 à 34 degrés.

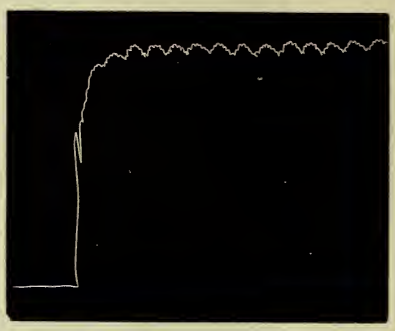


Fig. 53. — *Même Marmotte* à 24°4.

Fig. 54. — *Même Marmotte* à 16°8.

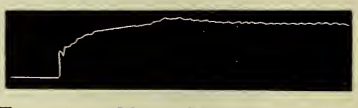


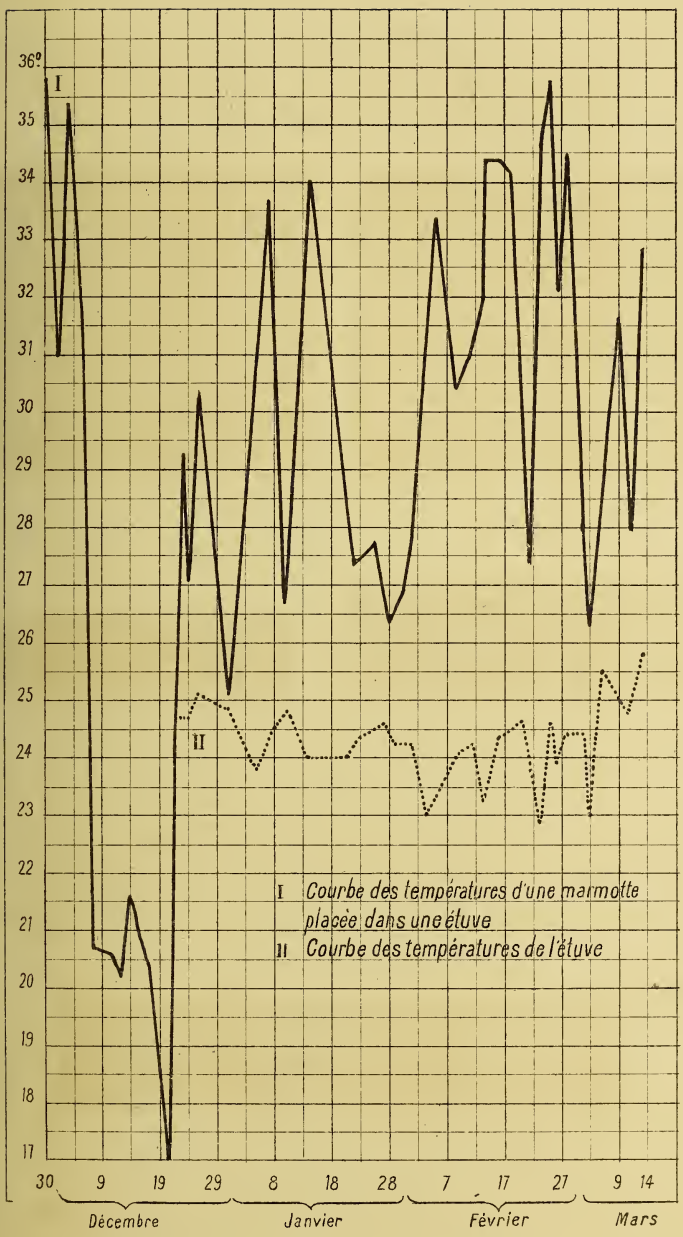
Fig. 55. — *Même Marmotte* à 15°2.

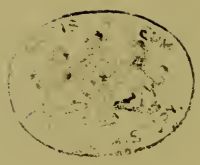
A partir du moment où l'on a cessé l'irrigation de la peau avec l'eau à 11 degrés, et malgré cela, la température de l'animal a continué à s'abaisser. Deux heures et demie plus tard, la température rectale étant de 15°2, on a obtenu le tracé de la *figure 55*.

Fig. 56. — *Même Marmotte* à 17 degrés.

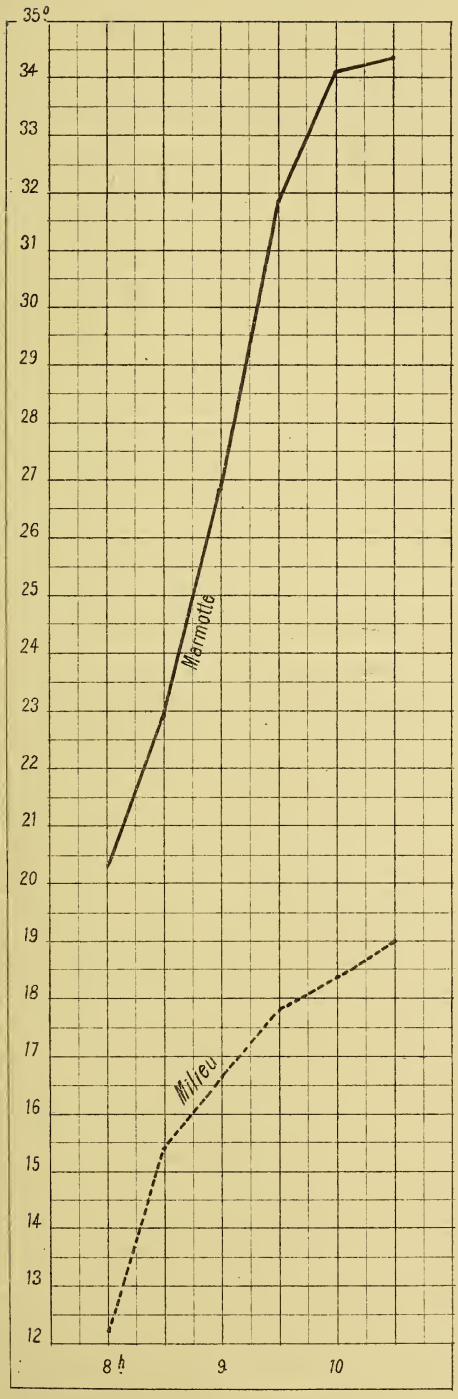
La diminution de pression a persisté longtemps après la cessation de la réfrigération pour atteindre le lendemain sa hauteur primitive.

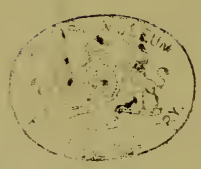
Les pressions suivantes prises dans la carotide montrent que

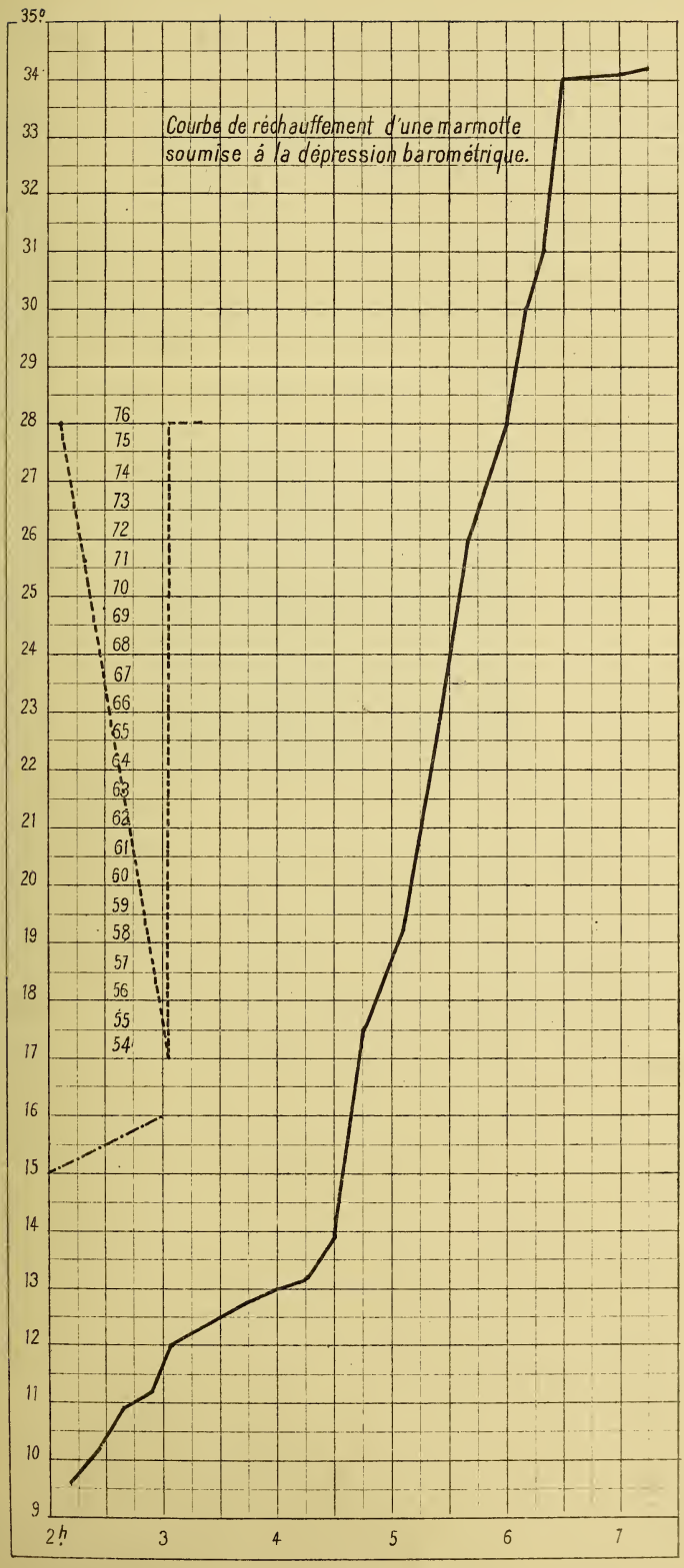

36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
I
II
I Courbe des températures d'une marmotte placée dans une étuve
II Courbe des températures de l'étuve
30
9
19
29
8
18
28
7
17
27
9
14
Décembre
Janvier
Février
Mars



Pl. 17


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
8 h
9
10
Marmotte
Milieu




Courbe de réchauffement d'une marmotte soumise à la dépression barométrique.
35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
76
75
74
73
72
71
70
69
68
67
66
65
64
63
62
61
60
59
58
57
56
55
54
2h
3
4
5
6
7

sous l'influence d'un refroidissement de 16 degrés de la partie postérieure du corps par irrigation d'eau à 11 degrés, la pression ne baisse pas dans la carotide.

Le tracé de la *figure 63* est celui d'une Marmotte qui avait subi la veille une saignée de 100 centimètres cubes.

La *figure 64* représente un graphique pris sur une Marmotte froide dont le thorax était ouvert depuis deux heures et à laquelle on faisait la respiration artificielle sans réchauffement sensible.

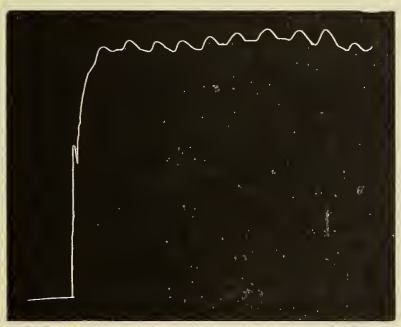


Fig. 57. — *Même Marmotte* à 34°2, le lendemain.

Les deux graphiques précédents montrent, d'une part, que la pression se rétablit complètement après de fortes pertes de sang, et, d'autre part, qu'elle peut être très élevée sans qu'il se produise du réchauffement quand le thorax est immobilisé, et malgré une très grande rapidité des mouvements du cœur.

Etudions maintenant l'influence de la chaleur sur les oscillations thermiques.

La chaleur, comme le froid, peut réveiller les Marmottes et accélérer le réveil. L'une d'elles ayant été plongée dans un bain chaud subit les diverses phases du réveil et le réchauffement continua à se faire après que l'animal fut sorti de l'eau.

La *planche 16* contient le graphique des oscillations de réveil et de sommeil d'une Marmotte, dont la température interne était de 17 degrés, et qui fut placée dans une étuve à 25 degrés. Le premier jour, sa température s'est élevée à 29°4.

Fig. 58. — *Pression prise dans la carotide d'une Marmotte ayant une température rectale de 36 degrés.*

Fig. 59. — *Même Marmotte que ci-dessus à 32 degrés.*

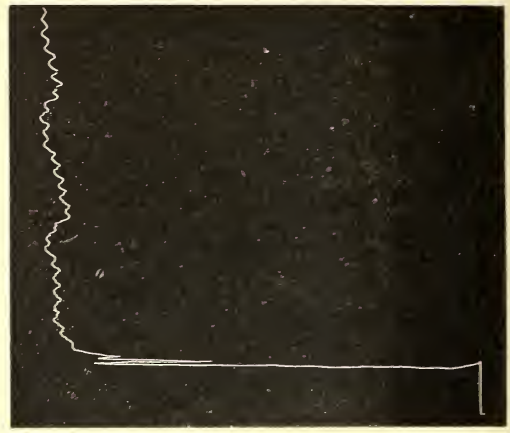


Fig. 60. — *Même Marmotte à 26 degrés.*

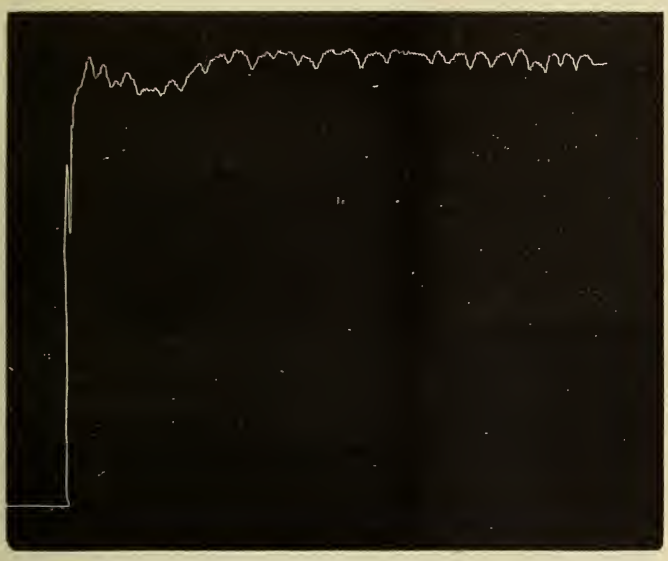


Fig. 61. — *Même Marmotte* à 24 degrés.

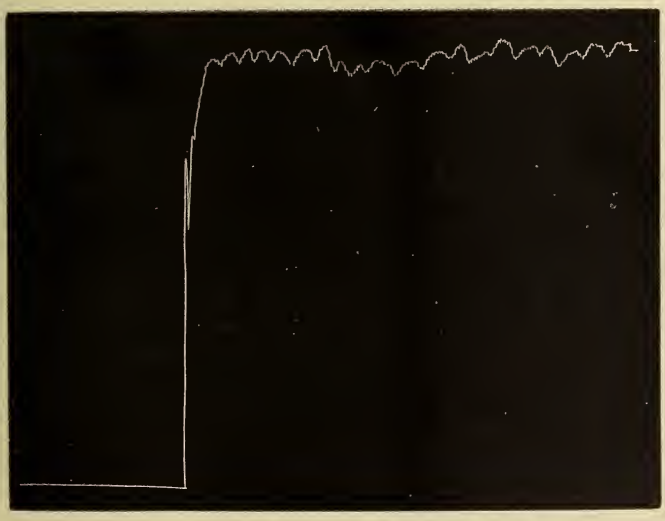


Fig. 62. — *Même Marmotte* à 20°8.

mais cette élévation de réveil a été suivie d'une petite chute. Le lendemain, la Marmotte avait 27°2. Deux jours plus tard, à la même heure, 30°2 ; mais le neuvième jour, elle ne présentait plus que 25°. Dans les périodes de sommeil, il n'y avait entre le milieu ambiant et l'animal que des différences comprises,

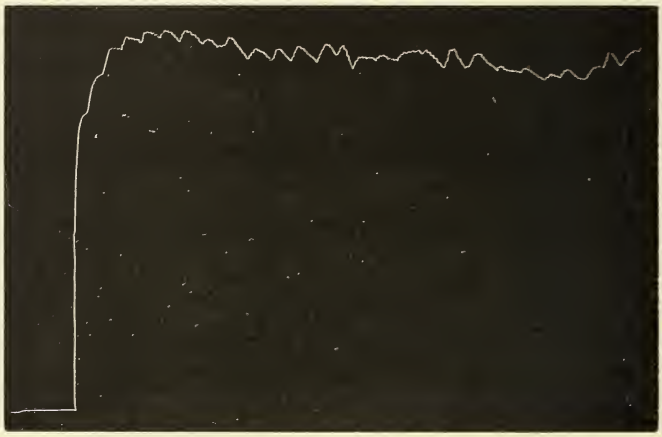


Fig. 63. — *Pression carotidienne après une forte saignée.*

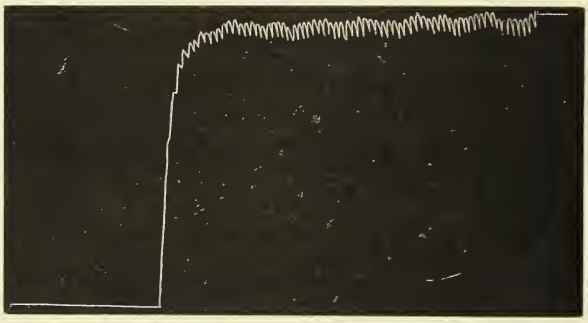


Fig. 64. — *Pression carotidienne d'une Marmotte à thorax ouvert.*

en général, entre 0,2 et 2 degrés. On peut donc dire qu'il y a eu de véritables sommeils hivernaux à une température de 25 degrés. Cette expérience s'est prolongée deux mois et demi pendant lesquels l'animal prenait tous les quatre ou cinq jours une très petite quantité de la nourriture placée à côté de lui,

comme font les Loirs : celle-ci a paru bien utilisée car l'animal, malgré sa température élevée, a relativement peu maigri. Son poil, comparé à ceux des autres, était particulièrement soyeux, mais rare.

Les Marmottes peuvent donc subir à une température élevée, pendant la saison de l'hivernation, de grandes oscillations, pouvant atteindre jusqu'à 9 degrés, mais n'entraînant pas de torpeur profonde et seulement des sommeils se rapprochant beaucoup du sommeil normal, avec lequel il s'établit encore, de cette façon, de nouveaux points de contact.

Une autre Marmotte, qui s'était endormie et présentait une température rectale de 20 degrés, fut placée dans une chambre dont la température, à ce moment, était de 12 degrés, et qui fut progressivement chauffée; mais pendant que la chambre s'échauffait de 7 degrés, l'animal élevait sa propre température de 14°5 et se réveillait.

La transition d'une basse température à une plus haute, alors même qu'elle ne s'effectue pas brusquement, peut provoquer le processus thermogénétique du réveil, comme je l'avais indiqué déjà à propos de l'influence du milieu naturel, mais il faut que ces variations soient assez considérables.

J'en dirai autant de la *dépression barométrique:* celle-ci n'a pas d'influence dans les limites et les conditions normales, mais si l'on place une Marmotte endormie sous une cloche où l'on produit rapidement une forte dépression barométrique, le réveil commence aussitôt pour se continuer ensuite automatiquement, si on laisse rentrer de l'air.

Il est probable que, dans ces conditions, les échanges respiratoires sont modifiés et que le sang perd son excès d'acide carbonique.

Des résultats analogues ont été obtenus par Delsaux (115) sur les Chauves-Souris.

Étudions maintenant l'action comparée de *l'eau à diverses températures.*

La température rectale étant de 35°6, on a versé de l'eau à

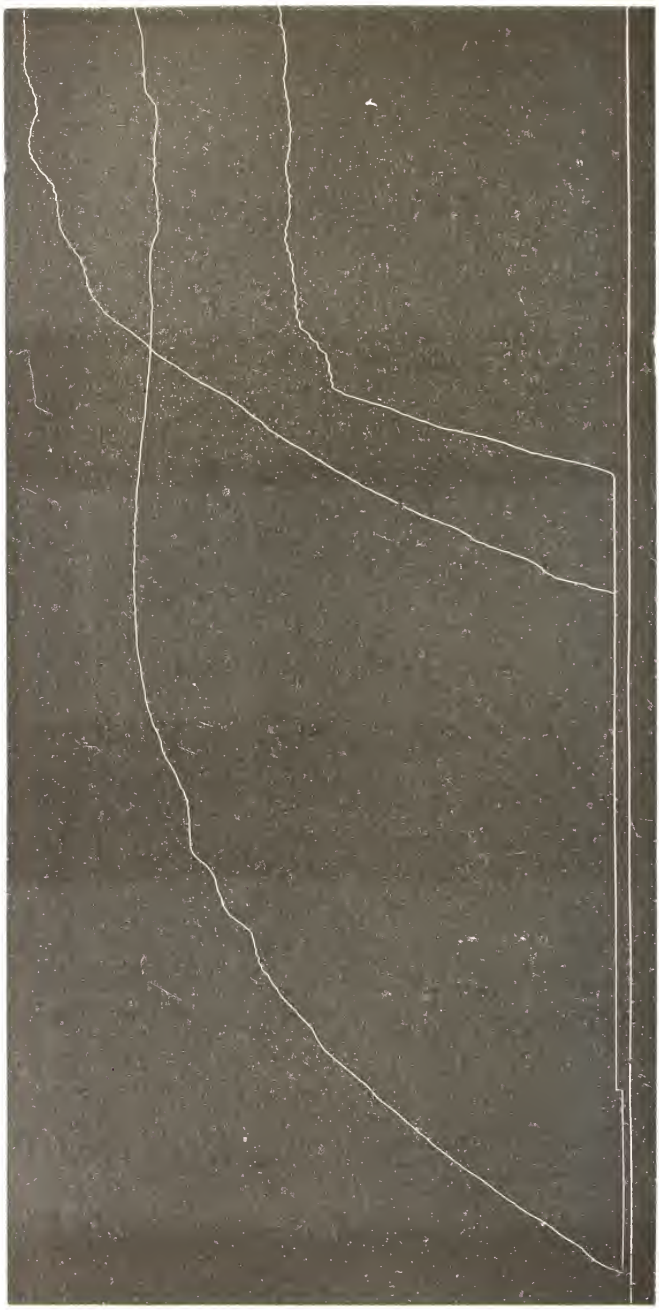


Fig. 65. — *Pression prise dans la fémorale d'une grosse Marmotte éveillée et mise en contact avec de l'eau à diverses températures.*

Fig. 66. — *Pression intra-carotidienne d'une Marmotte chaude mise en contact avec l'eau* à 0 degré.

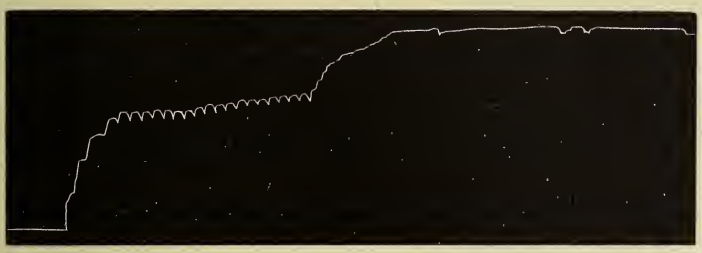


Fig. 67. — *Abaissement de la pression produite par le froid prolongé (même Marmotte que ci-dessus).*

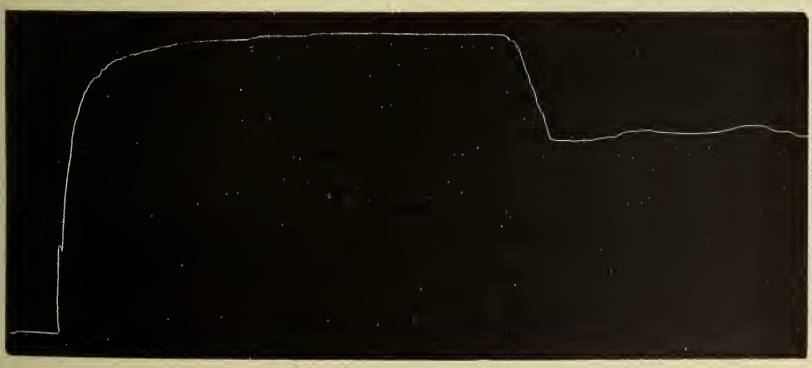


Fig. 68. — *Action de l'eau à* 10 degrés *sur la pression intra-carotidienne.*

Fig. 69. — *Action de l'eau à 20 degrés sur la pression intra-carotidienne.*

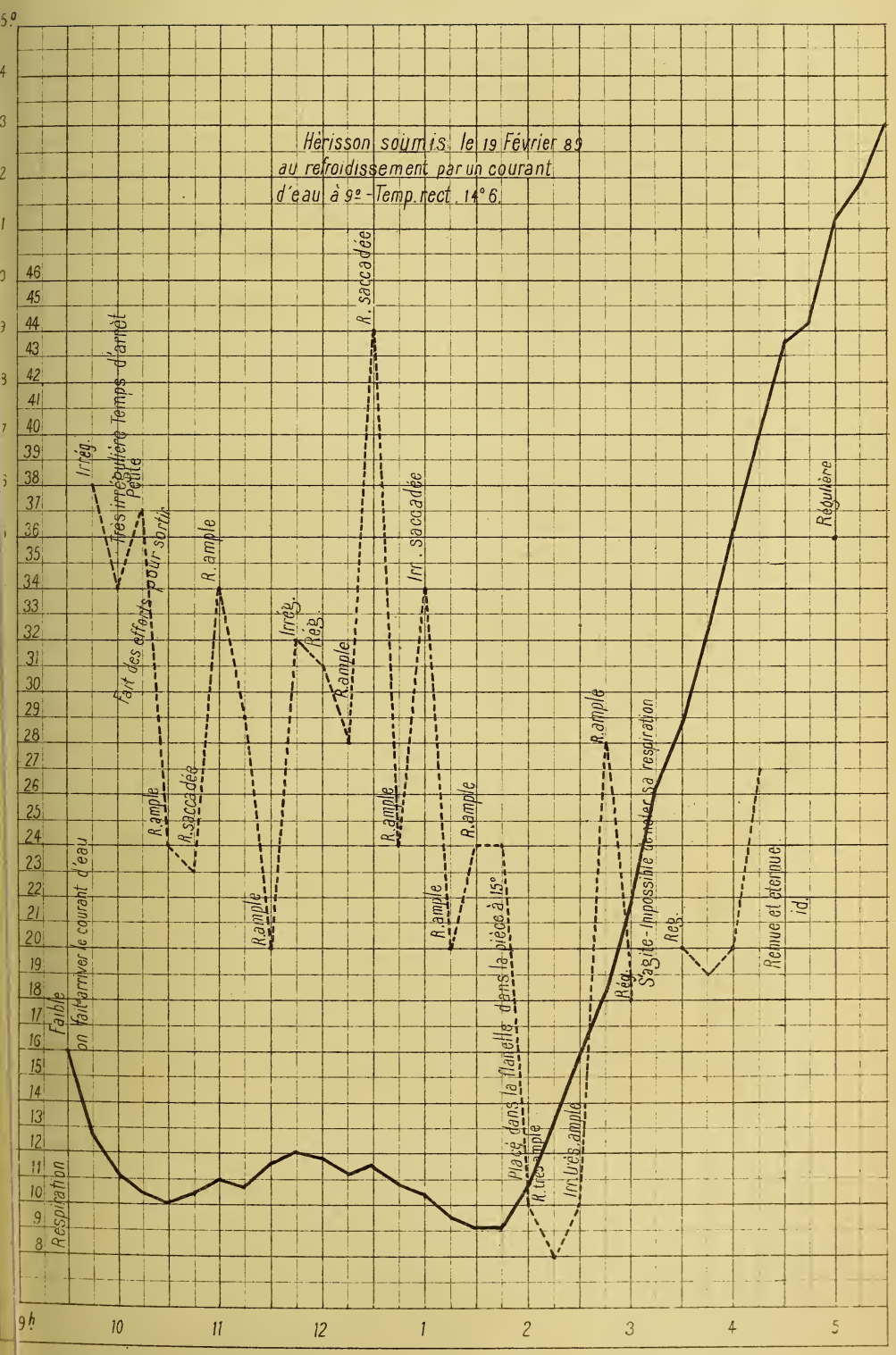
12 degrés à la surface de l'animal et obtenu ainsi le premier graphique à droite I *(fig. 65)*. Le deuxième a été pris immédiatement après arrosage avec de l'eau à 0 degré. Le troisième a été inscrit après arrosage avec eau à 30 degrés.

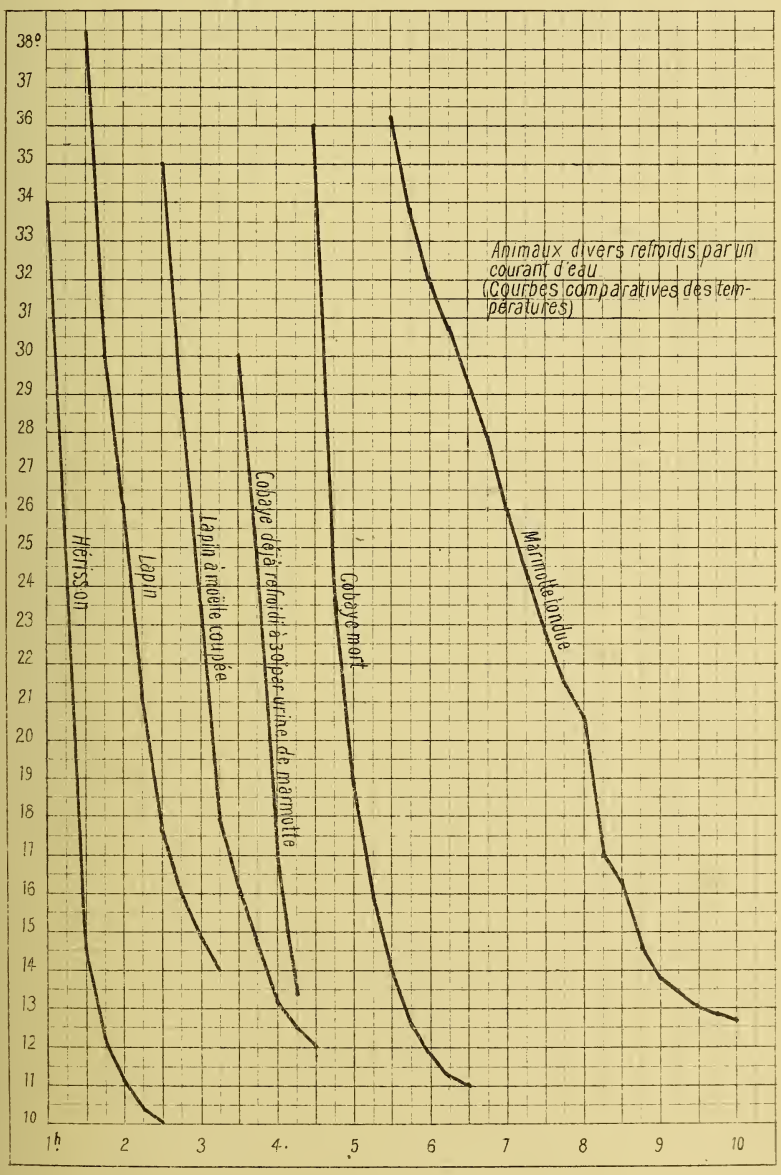
Les graphiques 2 et 3 ont un départ moins brusque, mais l'impression de l'eau fraîche à 0 degré et à 30 degrés augmente manifestement la pression intra-vasculaire, et ainsi peut se comprendre l'action de la chaleur sur le réveil.

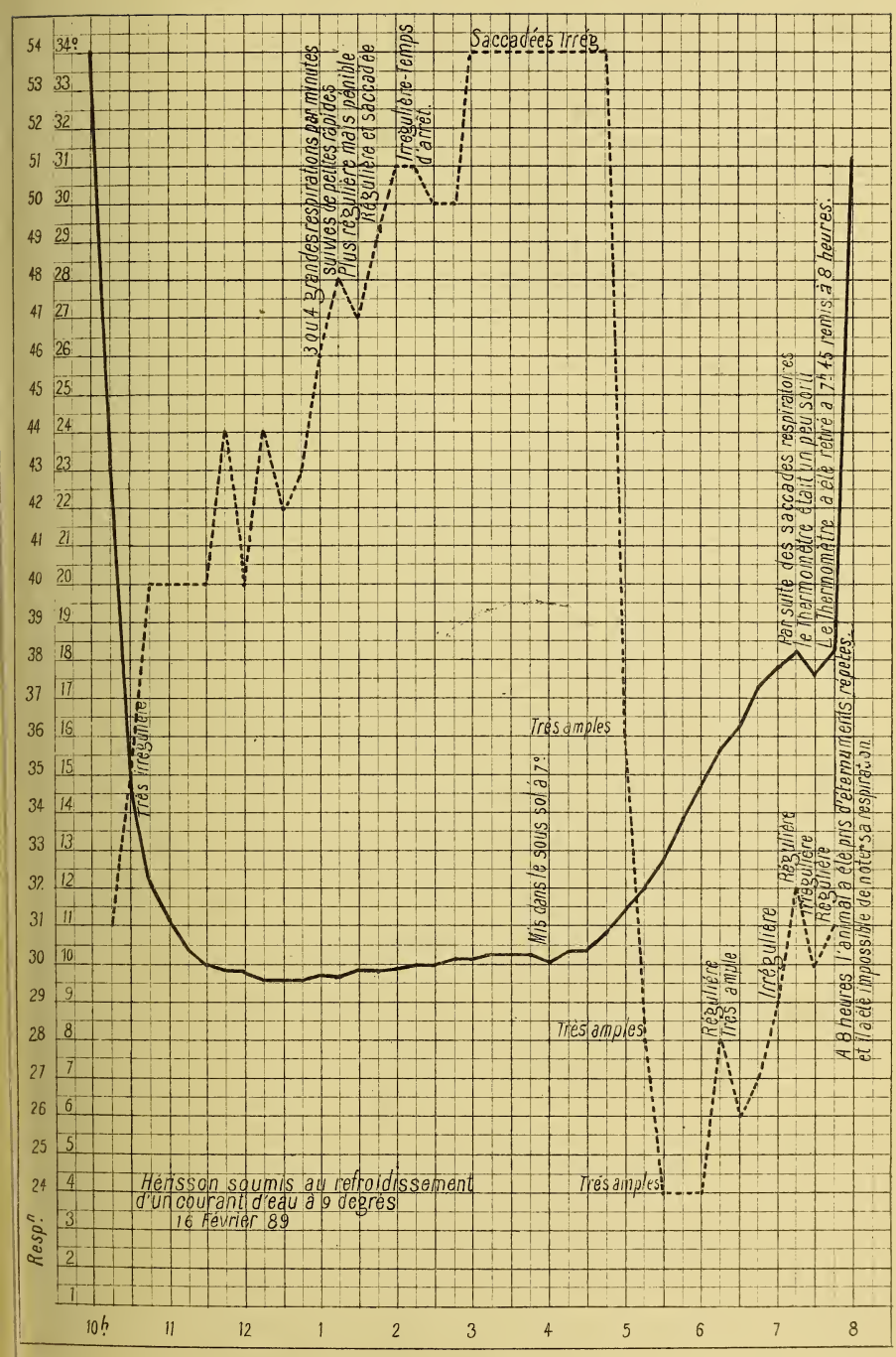
L'impression du froid et de la chaleur ne se traduisent pas toujours de la même manière, suivant qu'elle est lente ou brusque, comme nous l'avons déjà vu.

La température dans la bouche étant de 33 degrés et dans le rectum de 30 degrés, j'ai constaté *(fig. 66)* une pression de $6^{cm}4$. J'ai fait alors couler de l'eau à 0 degré sur le corps : la pression s'est élevée légèrement, mais, en continuant la douche, la température a commencé à baisser, le cœur s'est ralenti beaucoup et la pression est tombée à 4 centimètres, pour se relever quand on a cessé l'arrosage.

L'animal ayant été abandonné à lui-même, sans arrosage, pendant quelque temps, la pres-


Hérisson soumis le 19 Février 89
au refroidissement par un courant
d'eau à 9° - Temp. rect. 14° 6.
Respiration
Faible
on fait arriver le courant d'eau
Irrég.
très irrégulière Temps d'arrêt
Petite
Fort des efforts pour sortir
R. ample
R. saccadée
R. ample
Irrég.
Rég.
R. ample
R. saccadée
R. ample
Irr. saccadée
R. ample
R. ample
R. ample
placé dans la Flanelle dans la pièce à 15°
R. très ample
Irr. très ample
R. ample
Rég.
Sagite - Impossible de noter sa respiration
Rég.
Remue et éternue
id.
Régulière
46
45
44
43
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
9h
10
11
12
1
2
3
4
5


Animaux divers refroidis par un courant d'eau
(Courbes comparatives des temperatures)
Hérisson
Lapin
Lapin à moelle coupée
Cobaye déjà refroidi à 30° par urine de marmotte
Cobaye mort
Marmotte induce
38°
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
1h
2
3
4
5
6
7
8
9
10


Hérisson soumis au refroidissement
d'un courant d'eau à 9 degrés
16 Février 89
Très irrégulière
Mis dans le sous sol à 7°
Très amples
Très amples
Très amples
3 ou 4 grandes respirations par minutes
suivies de petites rapides
Plus régulière mais pénible
Régulière et saccadée
Irrégulière-temps d'arrêt.
Saccadées Irrégu.
Régulière
Très ample
Irrégulière
Régulière
Irrégulière
Régulière
Par suite des saccades respiratoires
le thermomètre était un peu sorti
Le thermomètre a été remis à 7h 45 remis à 8 heures.
A 8 heures l'animal a été pris d'éternuements repétés
et il a été impossible de noter sa respiration.
Resp.n
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

sion remonte et le cœur s'accélère *(fig. 68)*. On laisse alors couler de l'eau à 10 degrés : aussitôt la pression tombe de 8 centimètres à $5^{cm}4$.

L'animal ayant été laissé en repos et la pression étant de 7 centimètres, on fait couler de l'eau à 20 degrés, qui amène encore une légère baisse, mais très peu marquée *(fig. 69)*.

Ces différences sont évidemment de même ordre que celles que l'on observe dans les mouvements respiratoires des animaux soumis au refroidissement.

La *planche 15* montre que ceux-ci peuvent diminuer progressivement avec la température, tandis que dans la *planche 21*, il y a augmentation du nombre de respirations pendant toute la période de réfrigération. Sur la *planche 19*, on voit que l'animal engourdi a pu se refroidir encore et qu'à ce moment la respiration a fléchi, pour augmenter dans la période du refroidissement provoqué et maintenu par le froid extérieur.

Ces exemples indiquent qu'il faut, en ce qui concerne l'action du froid sur la pression, la circulation et la respiration, tenir le plus grand compte du déterminisme.

Quant aux courbes de refroidissement provoqué, elles sont, comme les courbes de réchauffement, toutes à peu près semblables entre elles, sauf peut-être que celles de la Marmotte indiquent une résistance plus grande *(pl. 20)*.

Valentin (79) a prétendu que, dans une atmosphère bien sèche, le sommeil devenait plus léger et que c'était le contraire dans un air chargé d'humidité. Je ne suis pas arrivé à vérifier expérimentalement cette assertion et l'*état hygrométrique* du milieu ne m'a paru avoir aucune influence marquée sur la durée des sommeils.

Divers expérimentateurs ont noté que les Marmottes endormies résistaient beaucoup plus longtemps à l'asphyxie dans un *milieu à air confiné* que les Marmottes éveillées, ce qui est exact ; mais si le séjour se prolonge trop, la mort arrive sans convulsions.

J'ai mis les poumons d'une Marmotte en rapport, par une

trachéotomie, avec un petit ballon de caoutchouc très souple, pouvant obéir aux mouvements de la respiration. De temps en temps, quand ceux-ci s'arrêtaient, malgré les excitations, on renouvelait l'air du petit ballon. Cette manœuvre, prolongée pendant deux heures, n'a permis qu'une élévation de 2 degrés. L'oxygène prétendu accumulé ne peut servir ni au réchauffement, ni à l'entretien de la vie pendant la torpeur.

L'animal s'est rapidement réveillé à l'air libre.

Serbelloni (95) a dit que le poumon des Marmottes étant plus petit que celui des autres Rongeurs non hivernants, l'*étendue de la surface pulmonaire* en contact avec le *milieu aérien* avait une grande influence sur les phénomènes d'hivernation.

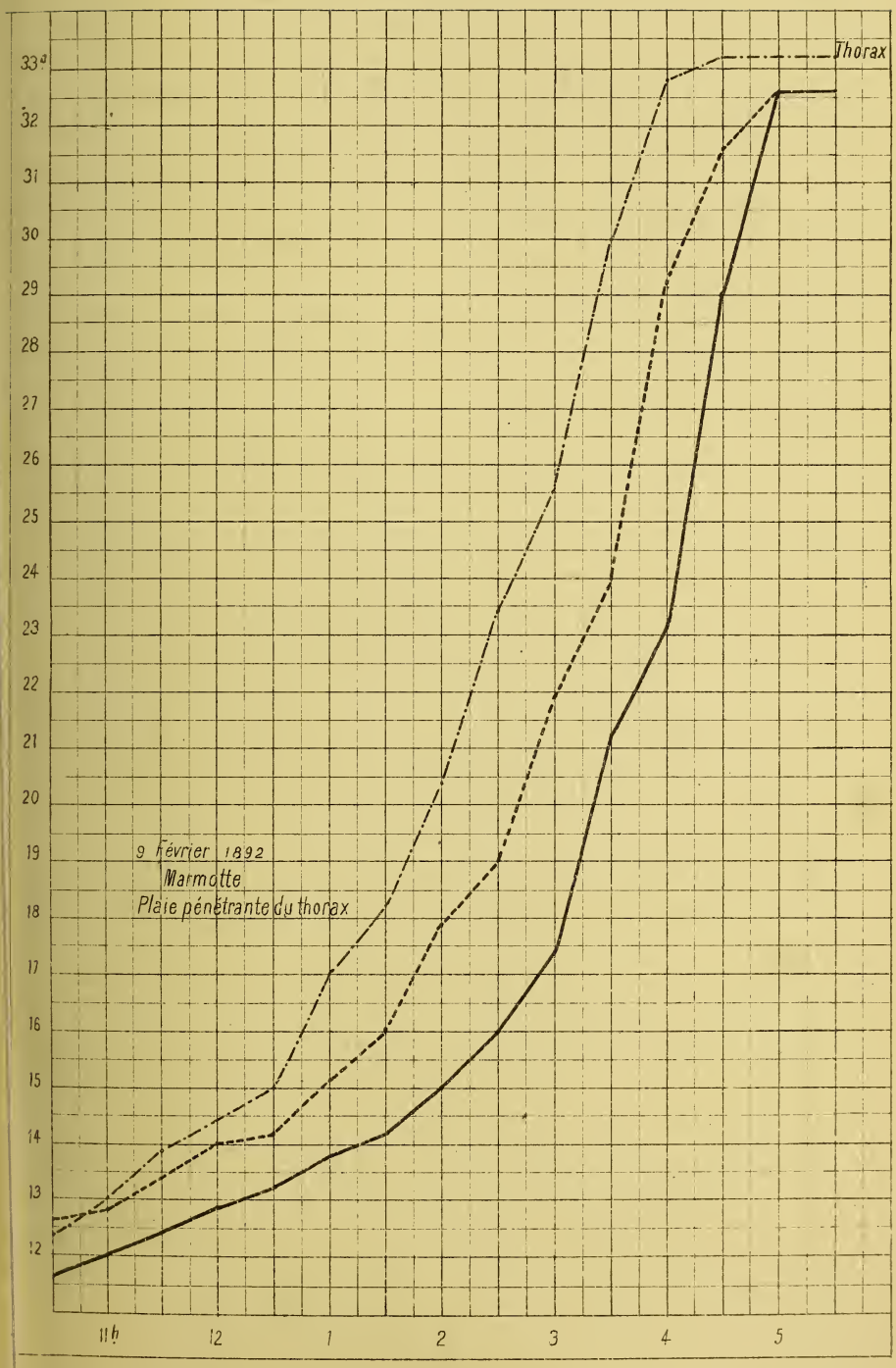
On peut affirmer, en tout cas, qu'une diminution considérable de cette surface entrave peu le réchauffement de réveil, ainsi qu'on en jugera par les courbes de la *planche 22*, où l'on voit les températures buccale et rectale s'élever presque aussi vite que dans l'état normal, malgré l'existence d'un pneumothorax produit par une plaie pénétrante de la poitrine. Je signalerai, en passant, une autre particularité dont j'ai déjà parlé antérieurement, c'est que la température du thorax, malgré l'inertie d'un des poumons, était plus élevée toujours, et de plusieurs degrés, au même moment, que celle de la bouche et du rectum.

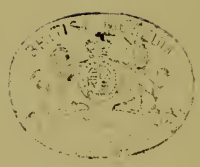
Cette dernière expérience rentrerait davantage dans le cadre de la quatrième partie de cet ouvrage ; j'aurai l'occasion d'y revenir.

De ce chapitre x, nous tirerons les conclusions suivantes :

1° *L'abaissement de la température, qui endort la Marmotte vers + 10 degrés, la réveille et la réchauffe vers 0 degré;*

2° *C'est dans la moitié antérieure du corps que se trouve le foyer de réchauffement ; on a constaté jusqu'à 19 degrés de différence entre la température de la bouche et celle de l'abdomen ;*


Thorax
33°
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
9 Février 1892
Marmotte
Plaie pénétrante du thorax
11h
12
1
2
3
4
5



3° *Chez les Hérissons, les Ziesels et les Marmottes, à l'état normal, la marche du réchauffement est toujours la même, quelle que soit la cause préalable du refroidissement ; il en est de même de la courbe de refroidissement;*

4° *Les Marmottes supportent longtemps en restant éveillées un froid de 0 degré ;*

5° *On peut cependant les refroidir par des mélanges réfrigérants et il se présente alors deux cas :* a) *le mélange est très froid et la Marmotte, après avoir lutté par accélération de la respiration et de la circulation, tombe dans un coma bientôt suivi de mort ;* b) *si le mélange n'a pas produit dans la glacière un abaissement inférieur à + 6 degrés, ou supérieur à + 10 degrés, la Marmotte entre en torpeur hivernale, même en été ;*

6° *On peut abaisser jusqu'au degré de la torpeur la température des Marmottes par un courant d'eau froide à + 10 degrés maintenir, sans inconvénient, cet état pendant longtemps ; elles résistent au contraire, sans difficulté, à l'action de l'eau à + 13 ou 14 degrés, laquelle refroidit et tue rapidement les Lapins ;*

7° *La Marmotte qui se laisse refroidir, sans lutter, ne perd presque pas de poids : sa respiration se ralentit au fur et à mesure que sa température s'abaisse : il en est tout autrement du Lapin qui réagit toujours et s'épuise vite ;*

8° *L'immobilisation, qui est une cause de refroidissement pour le Lapin, ne trouble pas le réchauffement automatique de la Marmotte ;*

9° *Les Marmottes privées de leur fourrure se comportent comme les autres, sauf que les réveils sont plus fréquents et la perte de poids plus grande dans le même temps ;*

10e *Les Marmottes tombent en torpeur quand les fonctions de la peau sont modifiées, soit par le vernissage, soit par des*

brûlures étendues. L'insufflation du tissu sous-cutané détermine une hypothermie moins profonde et moins durable que le vernissage et les brûlures. La section de la moelle produit le même résultat, mais plus rapidement;

11° *Le refroidissement expérimental par le froid diminue beaucoup la pression artérielle dans les gros vaisseaux de la partie postérieure du corps: cette dernière peut être déjà très réduite dans la fémorale alors qu'elle est encore normale dans la carotide;*

12° *La pression sanguine peut être élevée et les mouvements du cœur rapides sans que l'animal se réchauffe. Le réchauffement exige donc le concours d'autres conditions;*

13° *Une Marmotte maintenue dans une étuve à 25 degrés pendant l'hiver peut subir de véritables oscillations hivernales, mais moins profondes que dans les conditions naturelles;*

14° *L'échauffement artificiel progressif d'une Marmotte en torpeur peut cependant agir comme excitant thermogénique en provoquant le réveil automatique:*

15° *Le froid et la chaleur peuvent donner des effets différents suivant que leur action est brusque et courte, ou lente et prolongée;*

16° *Une douche d'eau à 0 ou à 30 degrés provoque une augmentation de la pression sanguine qui ne se produit pas avec de l'eau à 10 degrés; si l'action de l'eau à 0 degré est prolongée, il peut y avoir abaissement de la pression;*

17° *L'état hygrométrique de l'air ambiant n'a pas d'influence marquée sur les phénomènes d'hivernation;*

18° *Dans l'air progressivement confiné, les Marmottes engourdies passent du sommeil à la mort, sans réveil, sans réchauffement, sans convulsions;*

19° *On peut restreindre considérablement, par un pneumothorax, la surface pulmonaire en contact avec l'air extérieur, sans empêcher le réchauffement automatique;*

20° *Une brusque dépression barométrique peut produire un commencement de réveil automatique, lequel se continue si la pression normale est rétablie à temps.*

QUATRIÈME PARTIE

La quatrième partie de cet ouvrage est complètement expérimentale : elle est consacrée plus particulièrement à l'analyse du mécanisme organique de la thermogénèse animale. La méthode employée consiste à provoquer, par la vivisection ou par le poison, des troubles de la calorification, dont la nature et l'importance peuvent révéler celles des organes, au point de vue calorifique.

Dans ces expériences, le sujet est modifié et le milieu reste normal.

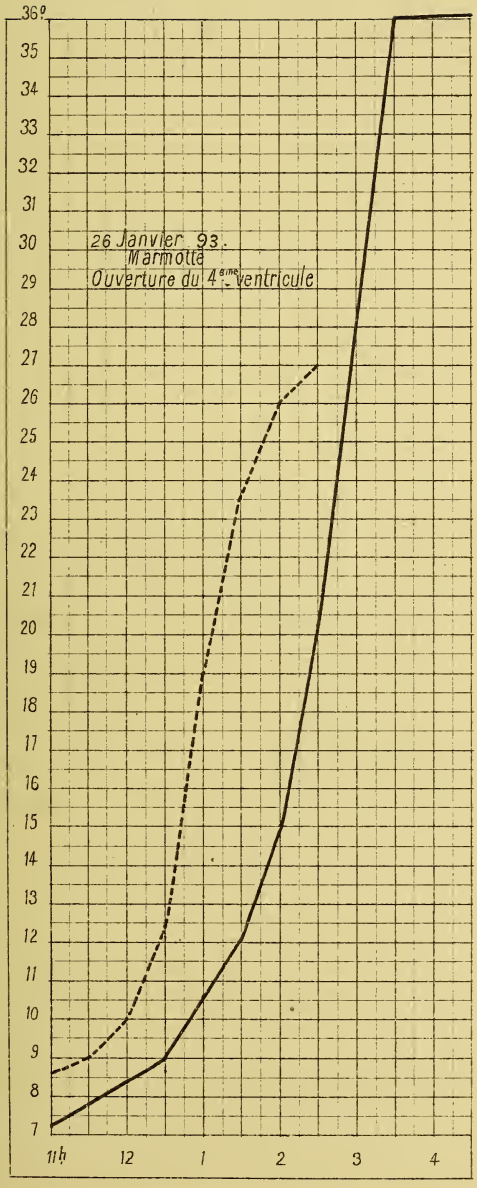
CHAPITRE XI

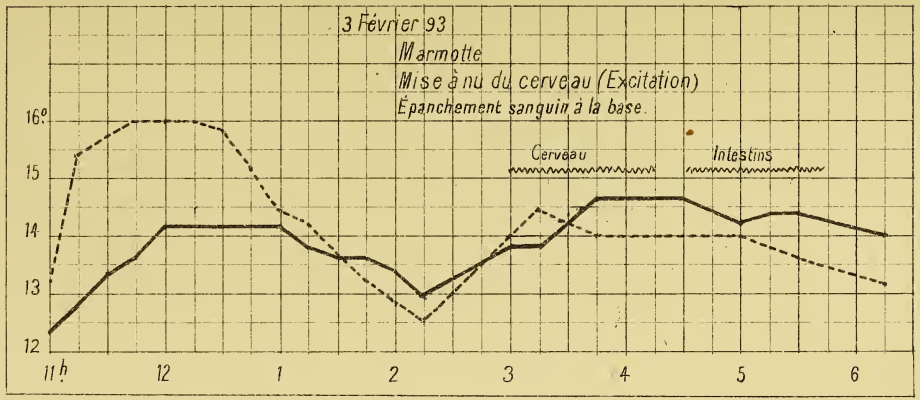
DU ROLE DU CERVEAU DANS LA THERMOGÉNÈSE.

Vingt-cinq à trente Marmottes ont été sacrifiées en état de veille ou de sommeil, pour élucider le rôle des diverses parties de l'encéphale dans la calorification animale.

Je ne donne pas les résultats de toutes les expériences, car,

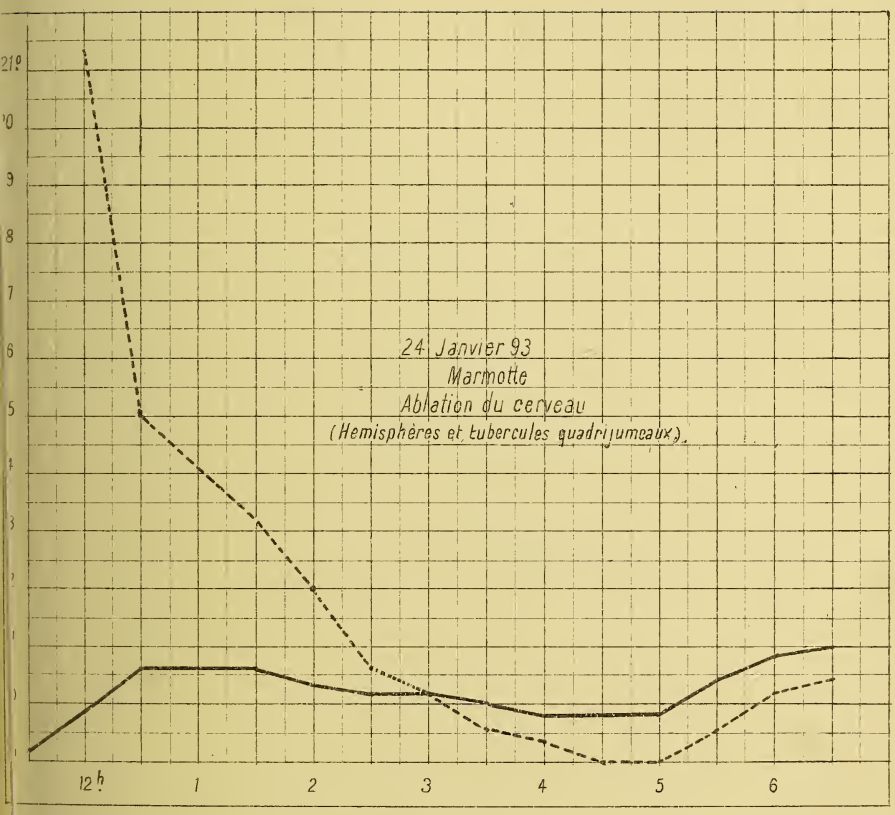
Pl. 23


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
26 Janvier 93.
Marmotte
Ouverture du 4ème ventricule
11h
12
1
2
3
4


3 Février 93
Marmotte
Mise à nu du cerveau (Excitation)
Épanchement sanguin à la base
Cerveau
Intestins
16°
15
14
13
12
11 h
12
1
2
3
4
5
6

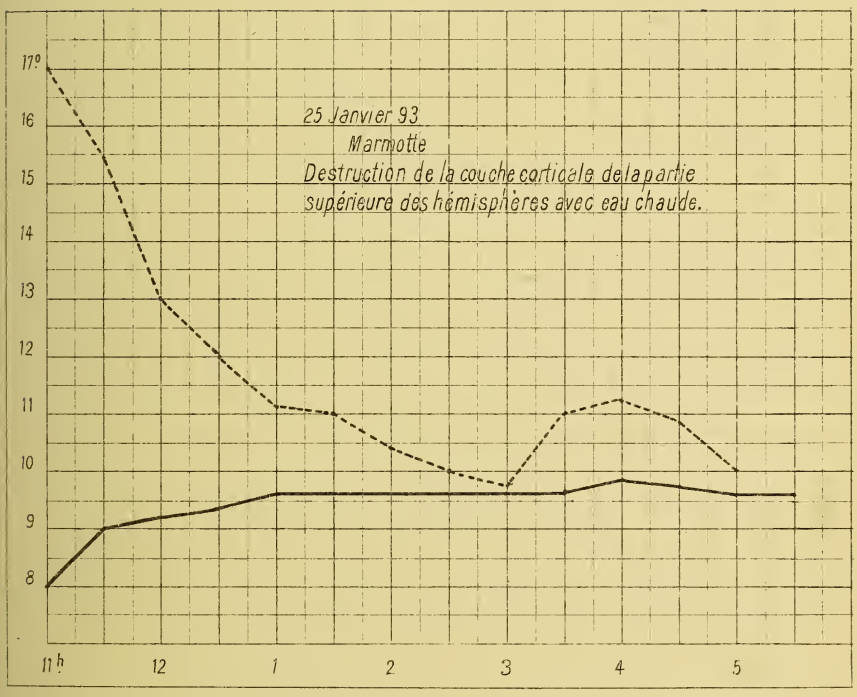
THE MUSEUM
BOSTON

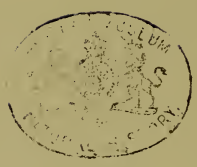
14°
13
12
11
10
9
8
7
10h
11
12
1
2
3
4
5
26 Janvier 98
Marmotte
ablation des hémisphères
et lésions du cerveau moyen


21°
20
19
18
17
16
15
24 Janvier 93
Marmotte
Ablation du cerveau
(Hemisphères et tubercules quadrijumeaux).
12h
1
2
3
4
5
6

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 27


25 Janvier 93
Marmotte
Destruction de la couche corticale de la partie supérieure des hémisphères avec eau chaude.
17°
16
15
14
13
12
11
10
9
8
11h
12
1
2
3
4
5



dans plusieurs cas, il a été impossible d'obtenir des effets bien définis, à cause de la difficulté que l'on éprouve à bien limiter les lésions et à éviter les hémorragies.

Au début de mes expériences sur le cerveau, j'avais cru, d'après les graphiques des *planches 25*, *27 et 28*, que l'ablation des hémisphères cérébraux suffisait pour empêcher le réchauffement ou même provoquer l'hypothermie ; j'ai reconnu plus tard, après la communication que j'avais faite, sur ce sujet, au Congrès de physiologie d'Oxford, en 1894, par l'examen des cerveaux conservés, qu'il existait alors toujours une lésion concomitante du cerveau moyen : le plus ordinairement, c'était une hémorragie dans le troisième ventricule ou dans la région bulbaire.

Dans un cas où le cerveau avait seulement été mis à nu, une hémorragie de la base du crâne avait même suffi pour empêcher le réchauffement automatique.

J'ai renoncé au procédé de destruction du tissu nerveux par le jet d'eau chaude, parce qu'il ne met pas absolument à l'abri des hémorragies et que l'action de l'eau sur la substance cérébrale est difficile à bien limiter.

Dans une expérience *(planche 27)*, la désagrégation des couches corticales par l'eau chaude avait amené un abaissement de la température buccale et empêché celle du rectum de s'élever, mais la substance cérébrale était modifiée bien au delà des points désagrégés.

Il est préférable, après avoir découvert la dure-mère, de lier les principaux sinus, fendre les enveloppes et mettre le cerveau à nu par torsion des lambeaux des méninges. Le cerveau est ensuite attaqué avec une petite curette d'écaille un peu mousse, en laissant entre chaque attaque, un peu importante, un certain temps de repos.

L'amadou martelé et le coton hydrophile, imprégné de perchlorure de fer et séché ensuite, rendent de grands services, mais il faut éviter avec soin la compression cérébrale qui peut troubler beaucoup les résultats.

Exercée à la surface du cerveau, avec une certaine force, la *compression* ralentit la respiration, qui devient surtout abdominale, arrête le réchauffement et même abaisse la température de l'animal *(planche 31)* ; cette dernière peut se relever, avec la respiration, dès que la pression artificielle est supprimée. Il est très probable, pour des raisons qui seront exposées plus loin, que la compression appliquée à l'écorce cérébrale agit en se transmettant au cerveau moyen.

L'*excitation mécanique* de la substance corticale n'a donné aucun résultat bien net.

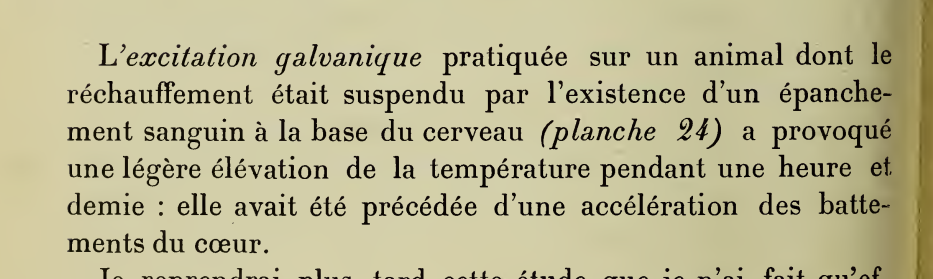


Fig. 70. — *Compression du cerveau suivie de ralentissement de la respiration.*

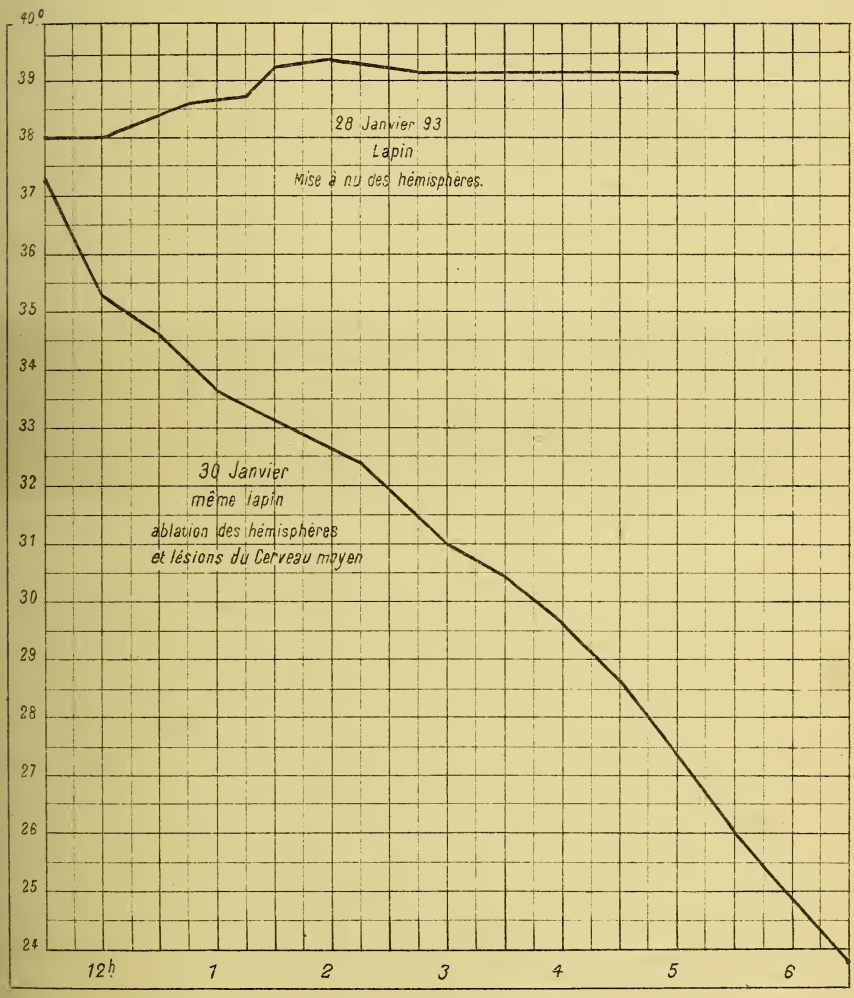
L'*excitation galvanique* pratiquée sur un animal dont le réchauffement était suspendu par l'existence d'un épanchement sanguin à la base du cerveau *(planche 24)* a provoqué une légère élévation de la température pendant une heure et demie : elle avait été précédée d'une accélération des battements du cœur.

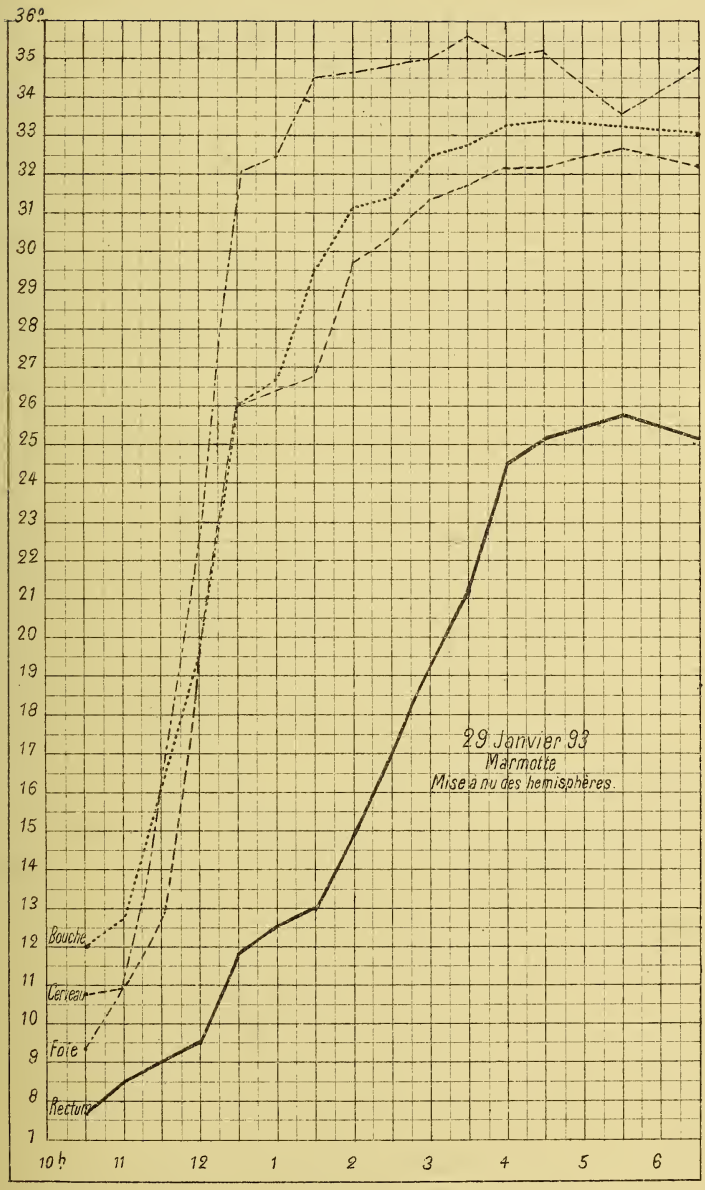
Je reprendrai plus tard cette étude que je n'ai fait qu'effleurer.

L'*écoulement du liquide céphalo-rachidien* par une *ouverture du quatrième ventricule* n'a pas empêché le réchauffement d'une Marmotte qui avait au moment de la perforation 17,2 et trois heures après 38,8.

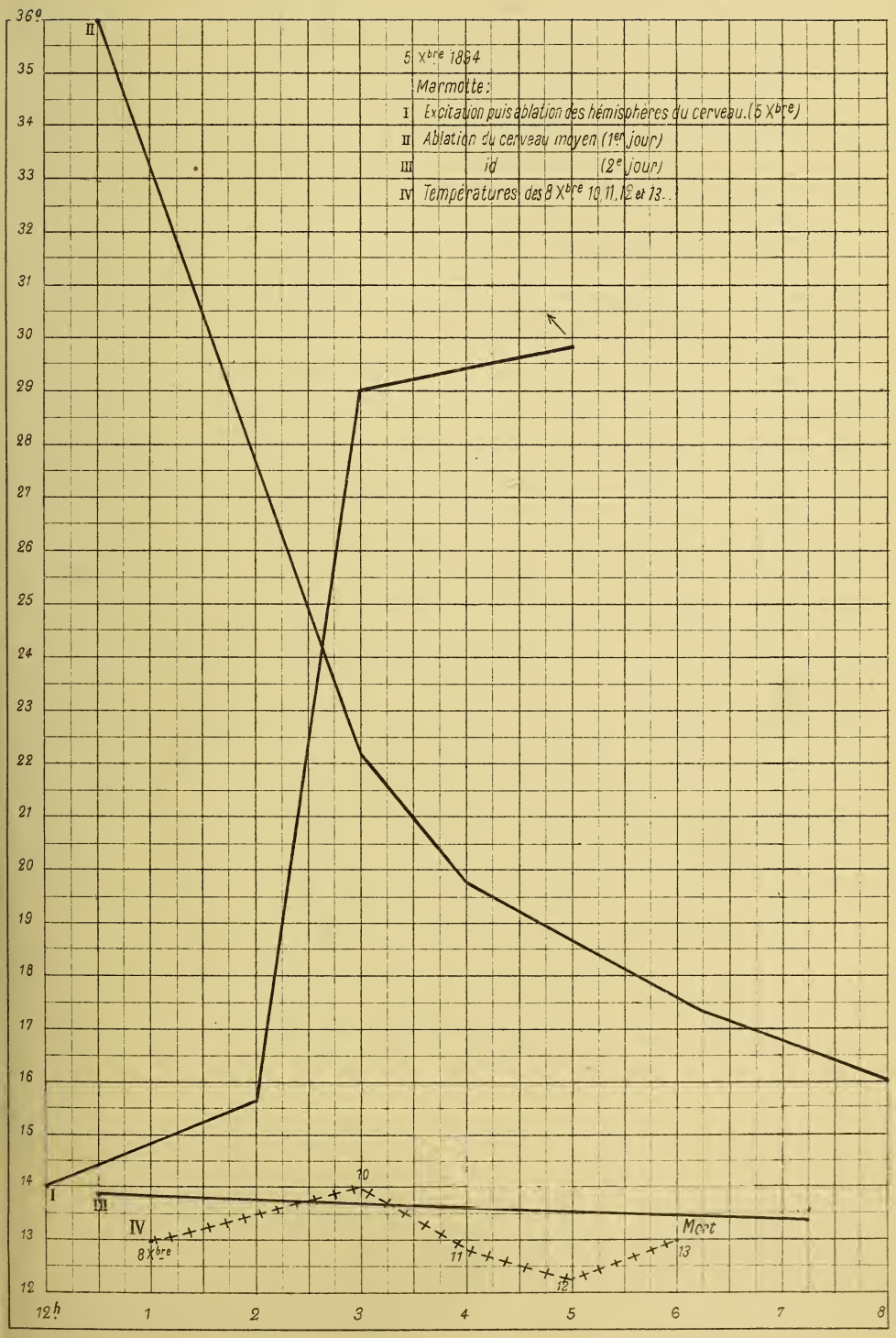
La *dénudation des hémisphères*, bien pratiquée, n'a aucune influence sur la calorification.

La Marmotte qui a fourni les graphiques de la *planche 29* est restée pendant plusieurs jours bien éveillée à la suite de cette opération. On a pu, sur ce sujet, aux divers moments du


40°
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
12h
1
2
3
4
5
6
28 Janvier 93
Lapin
Mise à nu des hémisphères.
30 Janvier
même lapin
ablation des hémisphères
et lésions du Cerveau moyen

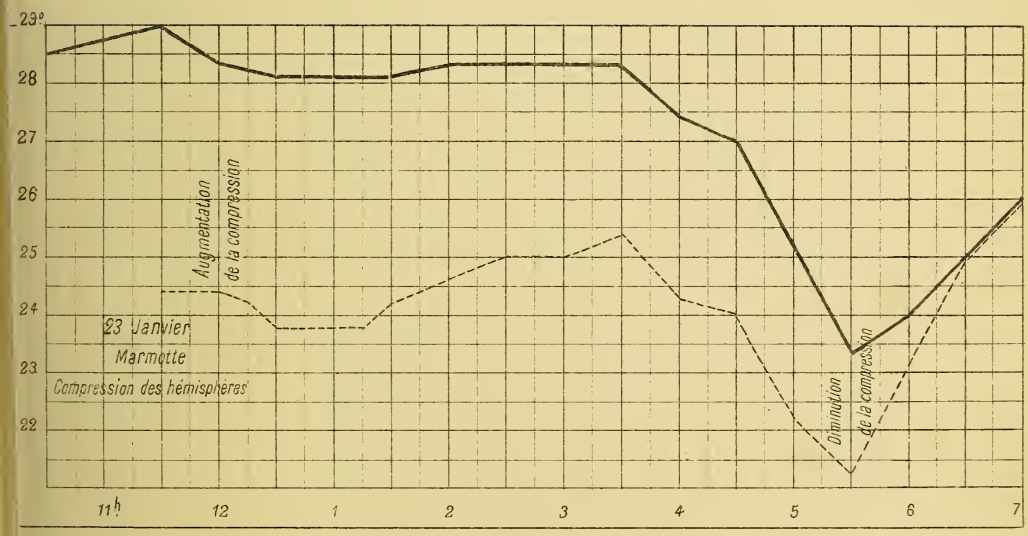

36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
Bouche
Cerveau
Foie
Rectum
10 h
11
12
1
2
3
4
5
6
29 Janvier 93
Marmotte
Mise à nu des hemisphères.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


5 Xbre 1884
Marmotte :
I Excitation puis ablation des hémisphères du cerveau. (5 Xbre)
II Ablation du cerveau moyen (1er jour)
III id (2e jour)
IV Températures des 8 Xbre 10, 11, 12 et 13..
36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
12h
1
2
3
4
5
6
7
8
Mort
8 Xbre
10
11
12
13

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 31


29°
28
27
26
25
24
23
22
Augmentation de la compression
23 Janvier
Marmotte
Compression des hémisphères
Diminution de la compression
11h
12
1
2
3
4
5
6
7

réchauffement, comparer la température du cerveau avec celle du rectum, du foie et de la bouche. Le cerveau s'est échauffé plus vite et davantage que le foie et la bouche ; il est vrai que l'encéphale reçoit directement du sang qui vient de passer par le cœur et le poumon.

Ce même animal a subi une *ablation des hémisphères :* le lendemain, il ne présentait aucun abaissement de température.

C'est toujours ce qui arrive quand il n'y a pas de lésions cérébrales autres que celles qui résultent de l'ablation des hémisphères.

On a pratiqué cette dernière opération sur une autre Marmotte dont la température était de 12°4 : la respiration s'est d'abord ralentie et a pris le type abdominal. Mais à 15°6, les trémulations musculaires se montrèrent : cinq heures après l'animal avait 19°8 et le lendemain 38 degrés dans le rectum, ce qui est une température exceptionnellement élevée : contrairement à ce qu'on observe ordinairement, la température de la bouche était moins élevée que celle du rectum et seulement de 37 degrés.

J'ai observé le même fait chez une autre Marmotte qui avait subi également l'ablation des hémisphères ; ce sont les deux seuls cas, sur un nombre considérable d'observations thermométriques, dans lesquels j'ai constaté une *hyperthermie* relative.

Il se peut que certaines parties des hémisphères cérébraux exercent une action modératrice de la calorification, mais de nouvelles expériences sont nécessaires pour que l'on puisse se prononcer avec certitude.

La Marmotte, dont il est question plus haut, quoique privée d'hémisphères, était très vigoureuse; elle n'était pas en sommeil, mais plutôt somnolente et, de temps à autre, elle avait des mouvements spontanés, bien coordonnés : elle marchait droit devant elle, s'arrêtant net, si elle rencontrait un obstacle ; d'autres fois, elle allait en titubant, tombait, cherchait à se relever pour retomber encore, comme si elle avait été ivre ou en demi-réveil.

Une jeune Marmotte, dont la température rectale était de 10 degrés au moment de l'ablation des hémisphères, avait 26°2 trois heures après.

Une autre, opérée à 13 degrés, avait des trémulations à 13°4. La respiration d'abord irrégulière se fit ensuite par séries, puis se régularisa avec 14, 18 et même 60 mouvements respiratoires par minute entre 15 degrés et 24. Trois heures après l'opération, l'animal avait 24°6 et s'agitait fréquemment.

J'ai lié le sinus médian d'une Marmotte qui avait 13 degrés : le lendemain, elle était éveillée avec une température de 38°2, c'est-à-dire supérieure de 2°2 à celle de l'hivernation ; mais, chez ce sujet, l'ablation des hémisphères fit baisser la température à 34 degrés au bout de trois heures et demie. La respiration n'était pas sensiblement modifiée et le lendemain le thermomètre, dans le rectum, marquait encore 34°4.

L'ablation des hémisphères n'empêche ni le réveil ni le sommeil de se produire ainsi que le prouve l'expérience suivante :

J'ai fait subir cette ablation à une jeune Marmotte dont la température était de 10 degrés. Après l'opération, elle avait 13°4, mais six heures plus tard, 23 degrés. Dans la nuit, elle se refroidit et le lendemain matin, on la trouva dans l'attitude du sommeil, roulée en boule et ayant conservé toute sa tonicité musculaire : sa température rectale était descendue à 9 degrés.

Pour voir si le froid la réveillerait, je l'exposai au dehors : le milieu ambiant n'avait que 4 degrés : au début, il y eut une légère augmentation de l'amplitude de la respiration et quelques mouvements des pattes ; mais, au bout d'une demi-heure, l'animal s'étant refroidi à 8 degrés, on le rentra pour éviter qu'il mourût de froid. Le surlendemain, il était toujours en boule : la température extérieure était de 6 degrés et celle du rectum de 8 degrés : on lui a enlevé alors le coton resté dans le crâne et pratiqué des points de suture sans faire cesser la torpeur profonde dans laquelle il était plongé ; il

n'avait guère qu'un mouvement respiratoire toutes les deux ou trois minutes.

Douze jours après l'ablation des hémisphères, la jeune Marmotte était encore dans le même état. Mais dans l'après-midi du douzième jour, la respiration s'accéléra et, pendant la soirée, la température atteignait 29 degrés dans le rectum, et 34 dans la bouche.

Il s'était produit de bonne heure du grelottement et celui-ci avait persisté longtemps.

L'animal s'agitait ; les pattes de derrière exécutaient un mouvement de course au trot, comme il arrive souvent aux Chiens dans les rêves provoqués par l'inhalation du chloroforme.

La respiration se fit d'abord par série de 10 à 12 mouvements rapides suivis d'un arrêt. Le thorax se dilatait beaucoup.

Au moment où la température atteignait 33°5 dans la bouche et 21 degrés dans le rectum, le tremblement cessa, mais les respirations continuèrent à se faire par saccades ; il y avait de l'agitation.

Après s'être élevée à 29 degrés dans le rectum pendant la soirée, la température commença à baisser. Le lendemain matin, elle était cependant encore dans la bouche de 24 degrés et dans le rectum de 26 degrés, mais la respiration était très ralentie et la Marmotte mourut vers midi, le treizième jour avec 21°8 dans la bouche et 22°8 dans le rectum. La température extérieure était de 14 degrés.

A l'autopsie, on ne trouva pas de liquide dans la cavité péritonéale, ni dans le tube digestif. Il y avait de la bile dans l'intestin et huit centimètres cubes d'urine dans la vessie. Cette dernière ne contenait pas de sucre. Le poumon était normal : comme chez les animaux qui viennent de se réveiller, il n'y avait dans le foie que des traces de glycogène et de sucre.

Les pédoncules, la protubérance annulaire, l'aqueduc de Sylvius et le plancher du troisième ventricule étaient parfaite-

ment intacts ; mais les couches optiques et les corps striés étaient détruits, ainsi que les tubercules quadrijumeaux d'un seul côté ; l'intégrité de ces dernières régions n'est donc pas indispensable pour que la torpeur se produise et que le réveil avec réchauffement automatique lui succède.

En général, l'ablation des hémisphères n'est pas suivie de modifications très profondes de la respiration, ainsi que le prouvent les *figures 71 et 72*, à moins qu'il n'y ait quelque lésion concomitante.

Nous verrons qu'il en est tout autrement quand il y a des lésions profondes du cerveau moyen : la calorification est alors profondément entravée.

Après avoir pratiqué successivement l'*ablation des hémisphères et des corps striés*, chez une jeune Marmotte, j'ai constaté qu'elle avait une température de 13°2 : la respiration était abdominale et thoracique. Une demi-heure après, j'ai enlevé les couches optiques, il y a eu alors un ralentissement considérable de la respiration qui s'est beaucoup accentué quelques instants après la cessation de l'excitation locale produite par l'opération *(fig. 73 et 74)*. Les excitations périphériques étaient suivies d'une forte respiration thoraco-abdominale.

Une demi-heure plus tard, les tubercules quadrijumeaux ayant été détruits, il n'y avait plus que deux à trois respirations par minute : elles étaient très amples et présentaient le type thoraco-abdominal. Il ne s'était produit aucun réchauffement *(fig. 75)*.

Le lendemain, la température était toujours basse (13°5 dans le rectum) : il y avait une respiration thoraco-abdominale toutes les deux ou trois minutes *(fig. 76)*. Les réflexes respiratoires étaient conservés.

Pour savoir si l'absence de réchauffement n'était pas due à une ventilation insuffisante, la respiration artificielle fut établie avec 25 insufflations par minute : au bout d'une heure et demie, il n'y avait aucune augmentation de température.

Fig. 71. — *Graphique respiratoire avant l'ablation des hémisphères* — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 72. — *Graphique respiratoire après l'ablation des hémisphères.* — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 73. — *Graphique respiratoire pris aussitôt après l'ablation des couches optiques pratiquées sur une Marmotte ayant* 13 *degrés* 2 ; *commencement du ralentissement.* — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 73. — *Graphique pris quelques instants après le précédent.* — I. *Tracé abdominal* — II. *Tracé thoracique.*

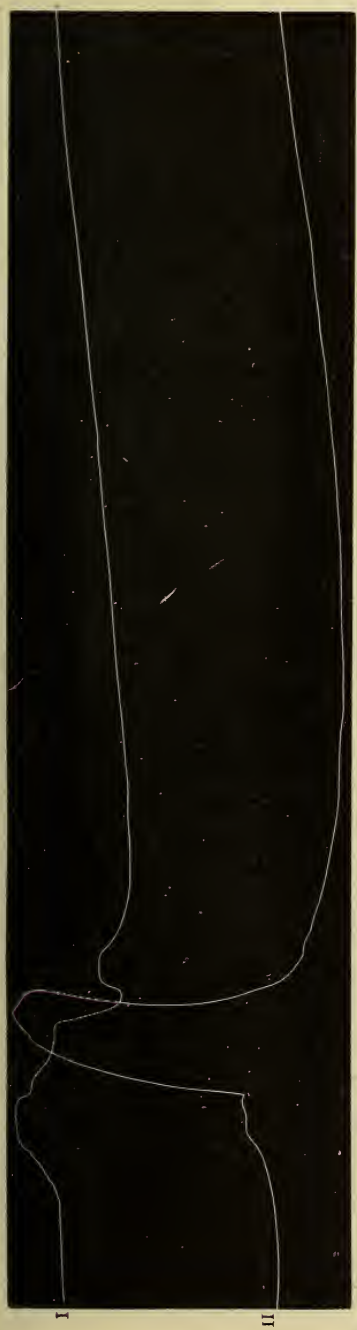


Fig. 75. — *Graphique pris immédiatement après l'ablation des tubercules quadrijumeaux.* — I *Tracé abdominal.* II. *Tracé thoracique.*

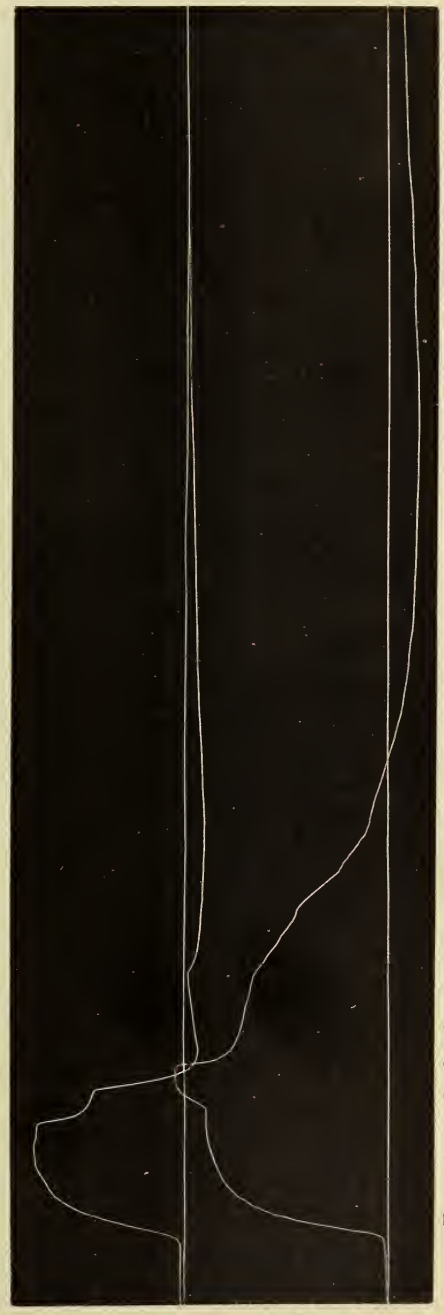


Fig. 76. — *Le lendemain de la destruction des tubercules quadrijumeaux.* — Température rectale = 13°5.

L'examen de l'encéphale a montré que tout le cerveau moyen était enlevé, la section passait tout à fait à l'extrémité antérieure de l'aqueduc de Sylvius.

Dans une autre expérience, j'ai recueilli un certain nombre de graphiques respiratoires, après avoir produit diverses lésions de l'encéphale.

Sur une grosse Marmotte, le cerveau fut mis à découvert ; à la fin de l'opération, la température rectale était de 15 degrés et au bout de trois heures, de 22 degrés ; la respiration était à peu près normale *(fig. 77)*.

Après l'ablation des hémisphères, la respiration abdominale s'est un peu amplifiée, mais le nombre des respirations est resté à peu près le même *(fig. 78)*.

Une heure plus tard environ, l'amplitude des mouvements abdominaux avait diminué, mais leur nombre était augmenté *(fig. 79)* : à ce moment, la température rectale s'était élevée à 28 degrés.

Les corps striés furent alors enlevés et une demi-heure après cette opération, la température atteignait 29 degrés. On a constaté pendant plus d'une heure qu'elle se maintenait à ce point. La respiration avait le même type qu'après l'ablation des hémisphères, sauf qu'elle était accélérée *(fig. 80)*.

Le lendemain matin, la Marmotte était agitée, sa température était de 24°5 dans la bouche et de 24 degrés dans le rectum.

On lui supprima alors les couches optiques : la respiration devint surtout abdominale et se ralentit beaucoup ; cinq heures après, la température n'était plus que de 18°6 *(fig. 81)*.

On a tenté alors l'ablation des tubercules quadrijumeaux, mais la respiration s'est arrêtée définitivement ; le train antérieur est devenu raide et le postérieur flasque. Le cœur a continué à battre pendant quelque temps.

Dans un autre cas, la destruction des couches optiques a été suivie d'un grand ralentissement de la respiration avec expiration très prolongée *(fig. 82)*.

Fig. 77. — *Mise à nu du cerveau.* — Température rectale = 22 degrés. — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 78. — *Graphique respiratoire après l'ablation des hémisphères.* — Température rectale = 22 degrés. — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 79. — *Graphique respiratoire quarante-cinq minutes après l'ablation des hémisphères.* — Température rectale = 28 degrés.

Fig. 80. — *Graphique respiratoire après ablation des corps striés.* — Temp. rect., = 29 degrés. — I. *Tracé abdominal.* II. *Tracé thoracique.*

Fig. 81. — *Graphique respiratoire après ablation des couches optiques.* — Temp. rect. = 18°6. — I. *Tracé abdominal.* II. *Tracé thoracique.*

Sur une jeune Marmotte, dont la température rectale était de 11 degrés, j'ai fait l'ablation des hémisphères. La température s'est élevée à 12°8 et j'ai alors détruit le cerveau moyen. Au bout de deux heures trente minutes, la température rectale n'était que de 14°2. Il y avait des mouvements respiratoires amples, mais par séries, toutes les minutes ou seulement de deux en deux minutes : ils étaient accompagnés de raidissement des pattes et de trémulations. Cet état durait encore six heures après l'ablation du cerveau moyen et la température n'était à ce moment que de 15°6. Le lendemain matin, cette Marmotte mourait avec 12 degrés.

Une petite Marmotte, à laquelle on avait enlevé le cerveau moyen, a oscillé pendant six heures entre 14 degrés et 14°4, pour mourir le lendemain avec 12 degrés. Chez une autre Marmotte, une blessure de l'extrémité postérieure du plancher du quatrième ventricule a empêché le réchauffement et, pendant plus de trois heures, j'ai vu la température rester entre 13°2 et 13°4.

J'ai pratiqué, une seule fois, sur une autre Marmotte l'ablation des hémisphères et de la plus

Fig. 82. — *Graphique respiratoire pris après l'ablation des couches optiques.* — I. *Tracé abdominal.* II. *Tracé thoracique.*

grande partie du cerveau moyen. Après l'opération, l'animal restait un temps très long, jusqu'à sept ou huit minutes, sans respirer, puis il se produisait un petit mouvement abdominal suivi de deux mouvements thoraco-abdominaux très amples.

Deux heures plus tard, la température était encore de 13°4, comme au début. Vingt-quatre heures après, elle avait monté de 0°6 seulement.

La même opération, faite sur une Marmotte incomplètement réchauffée et ayant une température de 21 degrés, a produit en cinq heures un abaissement de 12 degrés.

J'ai enlevé, en grande partie, le cerveau moyen à une Marmotte qui avait subi, la veille, l'ablation des hémisphères et présentait une température de 34°4. L'excitation mécanique de la partie supérieure des pédoncules cérébraux produisait une exagération des mouvements respiratoires, surtout marquée du côté du thorax. Huit heures après, la température n'était plus que de 22 degrés; elle s'était donc abaissée de 12 degrés. L'animal a survécu trois jours, mais il n'avait plus que 14 degrés.

La *planche 30* contient le graphique des températures d'une Marmotte à laquelle on a d'abord enlevé les hémisphères, puis le cerveau moyen, et qui a survécu huit jours à cette mutilation.

Entre 12 et 14 degrés, les hémisphères avaient été excités par l'électricité sans résultat bien marqué. Après leur ablation, la température continua à monter et, vers 15°6, il y avait des trémulations musculaires à la fin de chaque inspiration. Cinq heures plus tard, la température avait atteint 29°8.

Le lendemain, elle était de 38 degrés dans le rectum et de 37 degrés seulement dans la bouche : on a enlevé alors le cerveau moyen.

Le deuxième jour, la température rectale était abaissée à 13°4.

L'animal a vécu huit jours avec des températures qui étaient, dans les cinq derniers jours, de 13 degrés, 14 degrés, 12°6, 12°2, 13°5.

Son attitude était celle d'un animal en torpeur normale, la

tonicité musculaire était conservée. Elle a fourni les graphiques respiratoires des *figures 83, 84 et 85.*

A l'autopsie, on a constaté que le bulbe était intact et les tubercules quadrijumeaux conservés.

Bien que l'animal ne se fût pas réveillé avant de mourir, il n'y avait ni sucre, ni glycogène dans le foie.

Chez une jeune Marmotte, dont la température rectale était de 12°8 et dont la dure-mère intacte avait été mise à nu, on voyait très nettement, à chaque mouvement d'inspiration, le sinus médian se vider pour se remplir à l'expiration.

Il y avait, en outre, un véritable pouls veineux qui ne se suspendait que par une excitation périphérique provoquant un arrêt respiratoire en expiration. Le sinus était alors gonflé de sang.

La température ayant atteint 24 degrés, on a enlevé les hémisphères et le cerveau moyen ; mais, en même temps, on a provoqué une lésion des pédoncules qui s'est révélée par des cris spontanés. Quand on prenait l'animal, qui était resté très vigoureux, il s'agitait et semblait en état d'ivresse. La température s'est d'abord élevée d'un degré en sept heures, puis elle a baissé progressivement, *malgré la persistance de véritables frissons, la bête grelottait.* Dix heures trente minutes après l'opération, la Marmotte n'avait plus que 13 degrés.

Le lendemain, à 11 heures, la température rectale était de 8 degrés seulement, celle de l'extérieur ne dépassait pas 6 degrés.

Cette Marmotte a vécu neuf jours en torpeur et est morte sans réveil.

L'ablation des hémisphères et de tout le cerveau moyen a été pratiquée encore sur une autre Marmotte qui n'a pas survécu longtemps, mais sur laquelle il a été possible de faire quelques remarques importantes relativement aux relations existant entre certaines parties du cerveau et l'activité du mécanisme respiratoire.

Après la destruction des hémisphères, l'animal avait 13 degrés.

Fig. 83. — *Graphique respiratoire d'une petite Marmotte dormant depuis huit jours avec le bulbe seulement.* — I. *Tracé abdominal* — II. *Tracé thoracique.*
(Le rythme a été accéléré par le dérangement de l'animal)

Fig. 84. — *Même Marmotte que ci-dessus, la respiration recommence à se ralentir.*

Fig. 85. — *Type respiratoire d'une Marmotte en torpeur depuis douze jours avec hémisphères et cerveau moyen enlevés.*
I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 86. — *Même Marmotte que ci-dessus.*

Fig. 87. — *Graphique respiratoire après ablation des hémisphères.* — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 88. — *Arrêts prolongés en expiration par excitation mécanique du plancher du troisième ventricule.* — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

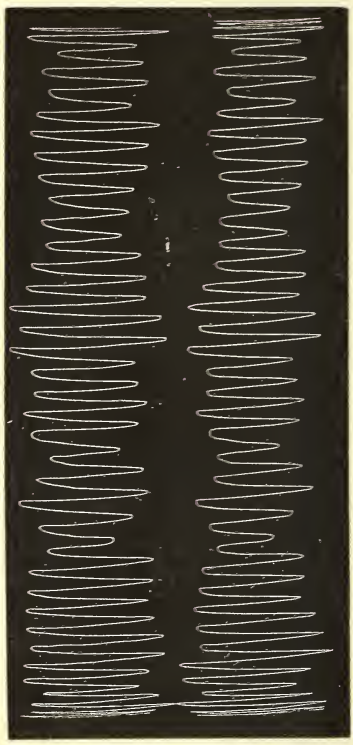


Fig. 89. — *Accélération respiratoire par une excitation plus profonde.*

il respirait très rapidement et avait des trémulations très vives *(fig. 87)*.

En enlevant la paroi supérieure des tubercules quadrijumeaux par une section horizontale, je n'ai rien observé de particulier, mais en enfonçant par cette ouverture, dans le troisième ventricule, de petits cylindres de coton de façon à exciter mécaniquement et sans violence le plancher de cette cavité, on provoquait un arrêt respiratoire.

Le même résultat a pu être obtenu plusieurs fois de suite *(fig. 88)*.

En exerçant une pression un peu plus forte dans le même endroit ou dans un point très voisin, peut-être plus profond, on amenait une accélération de la respiration *(fig. 89)*.

Après une section verticale au niveau de la séparation des tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs, et d'un seul côté, j'ai vu les trémulations musculaires de l'abajoue du même côté cesser immédiatement. La même opération, pratiquée sur l'autre moitié, amena un résultat identique, mais les trémulations reparurent plus tard.

Malgré ces lésions, l'animal s'est réchauffé : au bout de dix minutes, il avait 16°4 et 23°4 une heure après.

J'enlevai alors le cerveau moyen tout entier et le cervelet. La respiration se ralentit beaucoup et la température s'abaissa rapidement ; mais, dans ce dernier cas, le sujet ne put survivre que quelques heures, avec le bulbe seul, parce qu'il s'y était produit une petite hémorragie.

Aussitôt après l'ablation du cerveau moyen, la respiration abdominale a diminué d'amplitude et s'est accélérée ; les mouvements thoraciques ont augmenté, mais ce résultat était dû à l'excitation produite par l'opération *(fig. 90)*. En effet, au bout de quelques instants, les mouvements thoraciques devenaient presque invisibles et la respiration commençait à se ralentir *(fig. 91)*. Un peu plus tard *(fig. 92)*, on ne pouvait enregistrer que les mouvements abdominaux qui étaient encore assez amples, mais très rares.

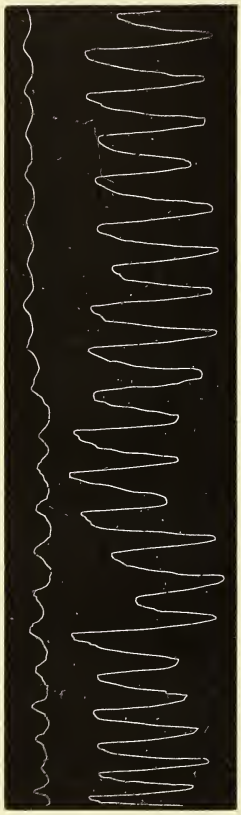
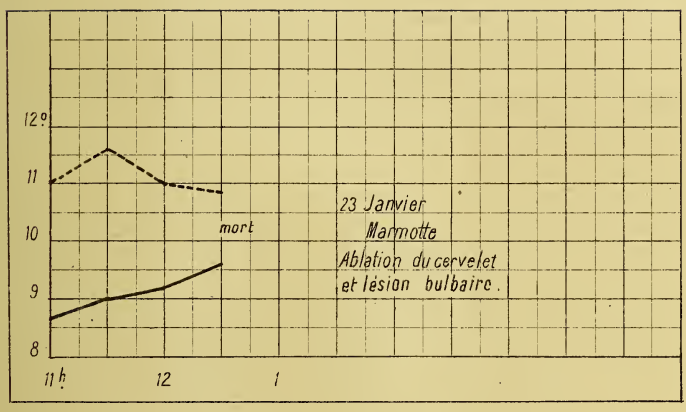


Fig. 90. — *Graphiques respiratoires pris immédiatement après l'opération, le cervelet et le bulbe seuls conservés.*
I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

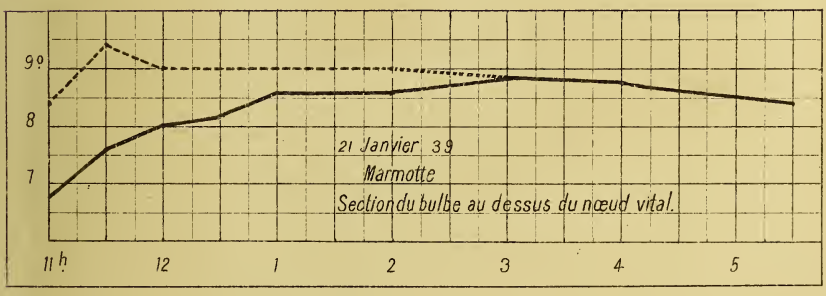
Fig. 91. — *Graphiques respiratoires, le bulbe seul étant conservé.*

Fig. 92. — *Graphique abdominal pris dans la période ultime, le bulbe seul persistant.*

Pl. 32.


12°
11
10
9
8
11 h
12
1
mort
23 Janvier
Marmotte
Ablation du cervelet
et lésion bulbaire.

Pl. 33.


9°
8
7
11 h
12
1
2
3
4
5
21 Janvier 39
Marmotte
Section du bulbe au dessus du nœud vital.

MUSEUM
NATURAL HISTORY

Les *lésions bulbaires* entraînent la mort soit immédiatement, soit au bout d'un temps plus ou moins long, que la Marmotte soit éveillée ou non. Le graphique de la *planche 32* a été fourni par une jeune Marmotte ayant subi l'ablation du cervelet, mais chez laquelle il s'était produit une hémorragie dans le quatrième ventricule, comprimant le bulbe. Elle a survécu une heure et demie et son tracé thermométrique est intéressant parce qu'il indique que la température de la moitié antérieure du corps s'est abaissée, alors que celle de la partie postérieure continuait à monter.

Le graphique de la *planche 33*, relevé sur une Marmotte en torpeur, à laquelle on avait sectionné le bulbe au-dessus du nœud vital, montre la même particularité, seulement l'animal a survécu assez longtemps pour qu'on puisse constater, au bout de quatre heures, que la température avait baissé ensuite avec la même rapidité partout.

S'il y a une légère augmentation de la température, après la section du bulbe, chez une Marmotte froide, elle doit être attribuée uniquement à l'excitation locale produite par l'opération.

L'*ablation du cervelet*, sans lésions concomitantes, n'a pas empêché une jeune Marmotte dont la température initiale était de 13 degrés, d'atteindre assez rapidement 29 degrés.

Il n'est pas étonnant que les Marmottes puissent se réchauffer après l'ablation des hémisphères quand il n'y a pas, comme dans nos premières expériences, de lésions dans le cerveau moyen ou dans le bulbe, puisque cette opération ne provoque pas l'hypothermie chez les autres animaux.

J'ai enlevé les hémisphères à des Pigeons qui ont conservé leur température initiale, mais chez un de ces Oiseaux auquel j'avais détruit ensuite le cerveau moyen, la température rectale s'est abaissée, en deux heures et demie, de 42 degrés à 30°2, c'est-à-dire environ de 12 degrés.

Des résultats de même ordre ont été obtenus avec des Lapins, et quand ces animaux meurent par refroidissement, après des

lésions du cerveau moyen, on ne trouve ni glycogène, ni sucre dans le foie.

Si l'on introduit dans un des cylindres du calorimètre différentiel de d'Arsonval un Lapin normal et dans l'autre un Lapin de même poids privé de ses hémisphères cérébraux, ils rayonnent à peu près autant de calories dans le même temps, mais si, au second Lapin, on en substitue un autre, dont le cerveau moyen a été détruit, et qui se refroidit, on constate qu'il rayonne davantage, comme la Marmotte qui s'endort par rapport à celle qui est éveillée.

D'ailleurs, on sait que le chien privé d'hémisphères peut avoir des alternatives de sommeil et de réveil.

La pression intravasculaire, après l'ablation des hémisphères cérébraux, même chez les animaux réchauffés, est très basse *(fig. 93)*. Elle diminue encore après la suppression du cerveau moyen *(fig. 94 et 95)*.

Fig. 93. — *Pression intravasculaire après ablation des hémisphères depuis la veille.* — Temp. rect. = 25°2.

Fig. 94. — *Pression intravasculaire prise 1 h. 15 après l'ablation du cerveau moyen.* — Temp. rect. = 22 degrés.

Fig. 95. — *Pression intravasculaire prise 3 heures après l'ablation du cerveau moyen.*
(Le lendemain l'animal avait 13 degrés.)

Des expériences faites sur l'encéphale et le bulbe on peut tirer les conclusions suivantes :

1° *Quand l'ablation des hémisphères n'est accompagnée d'aucune lésion concomitante, et principalement de celles qui*

se produisent souvent simultanément du côté du cerveau moyen et du bulbe, le réchauffement automatique n'est pas empêché, si la Marmotte est en torpeur ;

2° *Dans l'état de veille, la destruction des hémisphères n'entraîne pas l'hypothermie ;*

3° *Les animaux privés des hémisphères seulement peuvent cependant s'endormir et tomber en torpeur, mais ils conservent la faculté de se réveiller automatiquement ;*

4° *L'intégrité des tubercules quadrijumeaux, des corps striés et des couches optiques n'est pas indispensable pour que le sommeil et le réveil se produisent ;*

5° *La respiration n'est pas notablement modifiée par la suppression des hémisphères, mais il en est autrement avec les lésions profondes du cerveau moyen : si l'animal est en voie de réchauffement, la respiration se ralentit beaucoup : la température cesse de monter d'abord et s'abaisse ensuite ;*

6° *Des troubles respiratoires accompagnent toujours ceux de la calorification, mais s'ils se traduisent par un ralentissement, à la suite d'une lésion du cerveau moyen ou de sa destruction totale, on ne peut pas lutter contre l'hypothermie par la respiration artificielle, la contraction des muscles respiratoires étant nécessaire à la calorification ;*

7° *Vers la partie antérieure de l'aqueduc de Sylvius et du côté du plancher du troisième ventricule, il existe des centres respiratoires de ralentissement et d'accélération, d'où dépendent également l'hypothermie et le réchauffement, la torpeur et la veille ; il en résulte que ces centres ont une action plus ou moins directe sur l'accumulation du glycogène dans le foie ou sur sa destruction.*

8° *La Marmotte, opérée pendant sa torpeur, peut vivre pendant huit à neuf jours, et peut-être davantage, avec le*

bulbe seulement, mais elle ne peut se réveiller automatiquement et meurt en état de sommeil ;

9° *La température s'abaisse beaucoup chez les Pigeons et les Lapins, à la suite de lésions profondes du cerveau moyen ; il n'en est pas de même quand les hémisphères seuls sont supprimés ;*

10° *Un Lapin, qui est privé de ses hémisphères, rayonne à peu près autant de chaleur qu'un animal normal : il en émet davantage quand le cerveau moyen est atteint : comme la Marmotte qui commence à s'endormir, par rapport à celle qui est en état de veille ;*

11° *La pression vasculaire, après l'ablation des hémisphères cérébraux, même chez les Marmottes réchauffées, est très basse : elle diminue encore par la destruction du cerveau moyen, mais il est évident qu'elle n'a pas une importance capitale pour la calorification.*

CHAPITRE XII

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LE ROLE DE LA MOELLE DANS LA CALORIFICATION, LA VEILLE ET LE SOMMEIL

Dans le précédent chapitre, j'ai rapporté l'observation d'une Marmotte qui avait vécu, en état de torpeur, sans pouvoir se réveiller, pendant neuf jours, avec le bulbe seulement.

Les expériences suivantes vont maintenant nous permettre de connaître plus complètement le *rôle de l'axe cérébro-spinal :*

I. Sur une Marmotte, en sommeil profond depuis onze jours, j'ai pratiqué la *section du bulbe au-dessus du nœud vital.* L'animal a survécu six heures et trente minutes ; pendant les deux premières heures, sa température s'est élevée seulement de 1°7, donc très lentement, pour recommencer à descendre vers la quatrième heure.

Pendant ce temps, la respiration a été très lente, avec huit à neuf mouvements par minute : les réflexes respiratoires étaient très marqués, surtout après l'excitation de la région rectale. La mort a été produite par arrêt respiratoire.

La section, complète et un peu oblique, frisait le bord du vermis inférieur.

II. La *section du bulbe avec respiration artificielle* a été faite sur une Marmotte ayant une température rectale de 10°8 ; on avait donné douze mouvements respiratoires par minute (v. *planche 34,* expérience du 25 janvier 1892). En quatre heures trente minutes, la température ne s'est élevée que de 3 degrés. Les réflexes ont pu être provoqués jusqu'à la fin de l'observation. Le thorax ayant été ouvert, on constata qu'il y avait, à chaque insufflation respiratoire, un mouvement du cœur, comme dans la torpeur profonde avec respiration spontanée.

III. *Section du bulbe avec respiration artificielle.* Dans l'expérience précédente, on pouvait penser que l'absence de réchauffement tenait à la lenteur de la respiration artificielle. Sur une autre Marmotte, on a également sectionné le bulbe et établi quarante-cinq insufflations par minute.

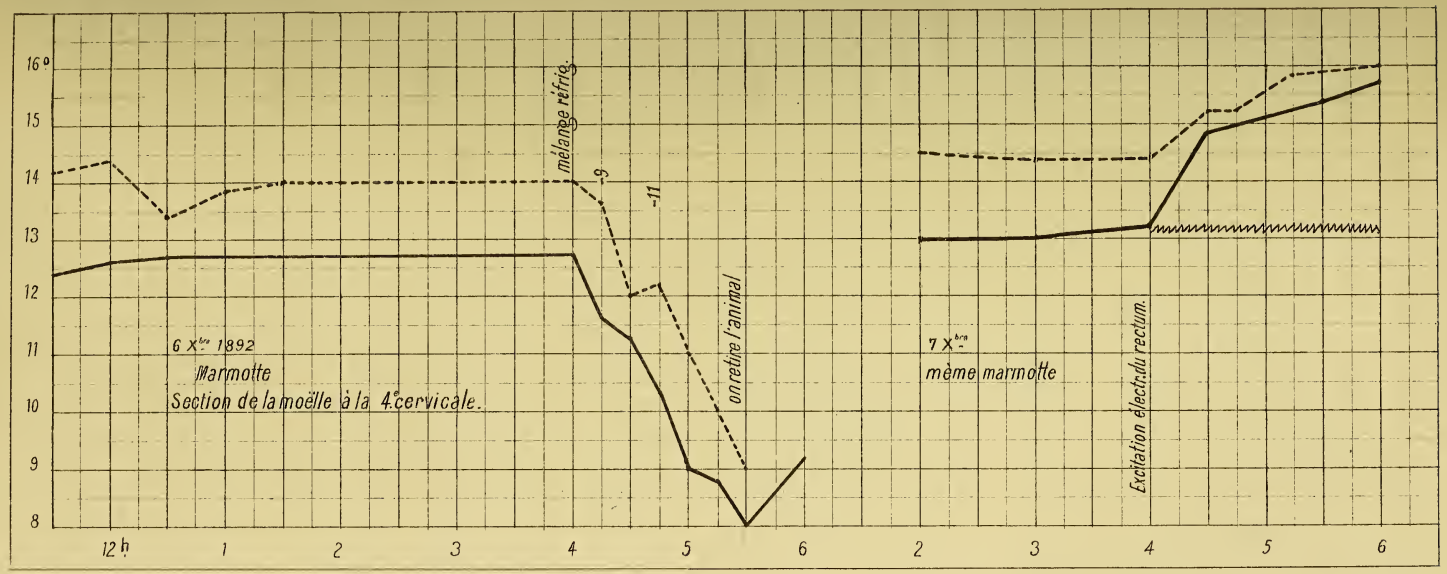
En deux heures trente minutes, la température s'est élevée seulement de 2°4. L'air extérieur était un peu plus chaud que l'animal qui a employé une heure trente minutes pour se mettre en équilibre avec le milieu. Dans les derniers moments, il n'y avait plus que 16 à 18 battements par minute.

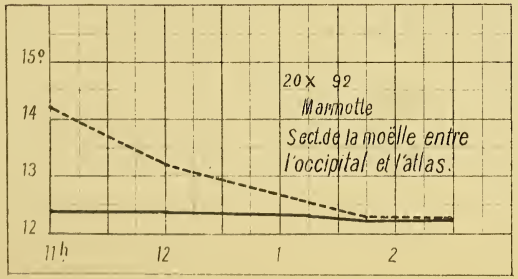
Dans ces conditions, la ventilation n'a donc aucune influence sur le réchauffement.

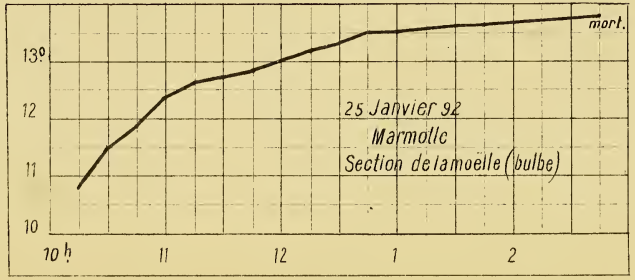
IV. La *section du bulbe avec respiration artificielle chez un Lapin* a amené un abaissement de température d'environ dix degrés en cinq heures. Cette dernière s'est abaissée de 39 degrés à 29°4 [1].

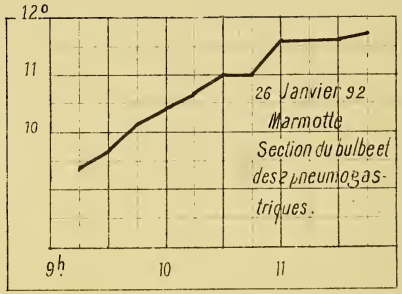
V. *Section de la moelle entre l'occipital et l'atlas avec*

[1] *Remarque.* — La respiration artificielle pratiquée sur un Lapin sans autres lésions que celles qui résultaient de la trachéotomie, n'a produit au bout de cinq heures qu'un abaissement d'un degré. La section de la moelle, avec le même rythme respiratoire, a amené en neuf heures un abaissement de quatorze degrés.


16°
15
14
13
12
11
10
9
8
12 h
1
2
3
4
5
6
2
3
4
5
6
mélange réfrig.
-9
-11
on retire l'animal
6 X^bre 1892
Marmotte
Section de la moëlle à la 4.e cervicale.
7 X^bre
même marmotte
Excitation élect. du rectum.


15°
14
13
12
11 h
12
1
2
20 X 92
Marmotte
Sect. de la moëlle entre
l'occipital et l'atlas.


13°
12
11
10
10 h
11
12
1
2
mort.
25 Janvier 92
Marmotte
Section de la moëlle (bulbe)


12°
11
10
9 h
10
11
26 Janvier 92
Marmotte
Section du bulbe et
des 2 pneumogas-
triques.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

respiration artificielle. (V. *planche 34,* expérience du 20 décembre 1892.)

On a établi seize insufflations par minute et l'opération a été suivie d'un abaissement immédiat de la température buccale ; celle du rectum est restée presque stationnaire jusqu'à la mort survenue au bout de trois heures trente minutes.

VI. *Section de la moelle entre la deuxième et troisième vertèbre cervicale, au-dessus de l'origine des nerfs phréniques pendant la torpeur.*

La respiration artificielle n'a pas été établie et, pendant un quart d'heure, il y a eu des mouvements respiratoires très faibles, à peine visibles, semblables à ceux d'une Marmotte endormie ; puis ils sont devenus de plus en plus difficiles avant de s'arrêter. A chaque inspiration, l'animal ouvrait la bouche. Les mouvements, qui étaient diaphragmatiques et thoraciques, doivent être attribués à l'excitation du bout périphérique de la moelle par la section.

VII. *Section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale - réfrigération - excitation électrique (planche 34).*

Pendant les quatre heures trente minutes qui ont suivi l'opération, la température de la Marmotte a varié à peine. Dans cet intervalle de temps, il y a eu très régulièrement dix respirations par minute.

On a mis alors l'animal dans un mélange réfrigérant de sel et de neige. La température s'est abaissée rapidement, malgré une légère accélération des mouvements respiratoires qui se sont bientôt ralentis.

Vers la fin de l'expérience, il est survenu de la rigidité des membres postérieurs et on a cessé la réfrigération.

Le lendemain, la température de la Marmotte était remontée à peu près au même degré que la veille.

En électrisant intérieurement la partie terminale du tube

digestif, la température buccale s'est élevée de 1°5 et celle du rectum de 2°8.

Quatre jours après, la température rectale était de 11°8. La vessie étant très distendue, on pratiqua une fistule ; mais le jour suivant, l'animal fut trouvé mort dans l'attitude du sommeil normal.

A l'autopsie, on constata l'existence d'une hémorragie stomacale.

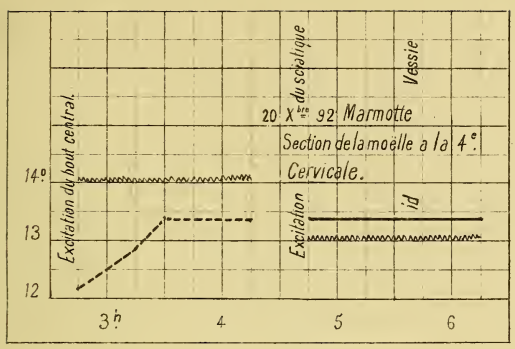
VIII. *Section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale. — Excitations diverses (planches 35 et 36,* expérience du 20 décembre 1892).

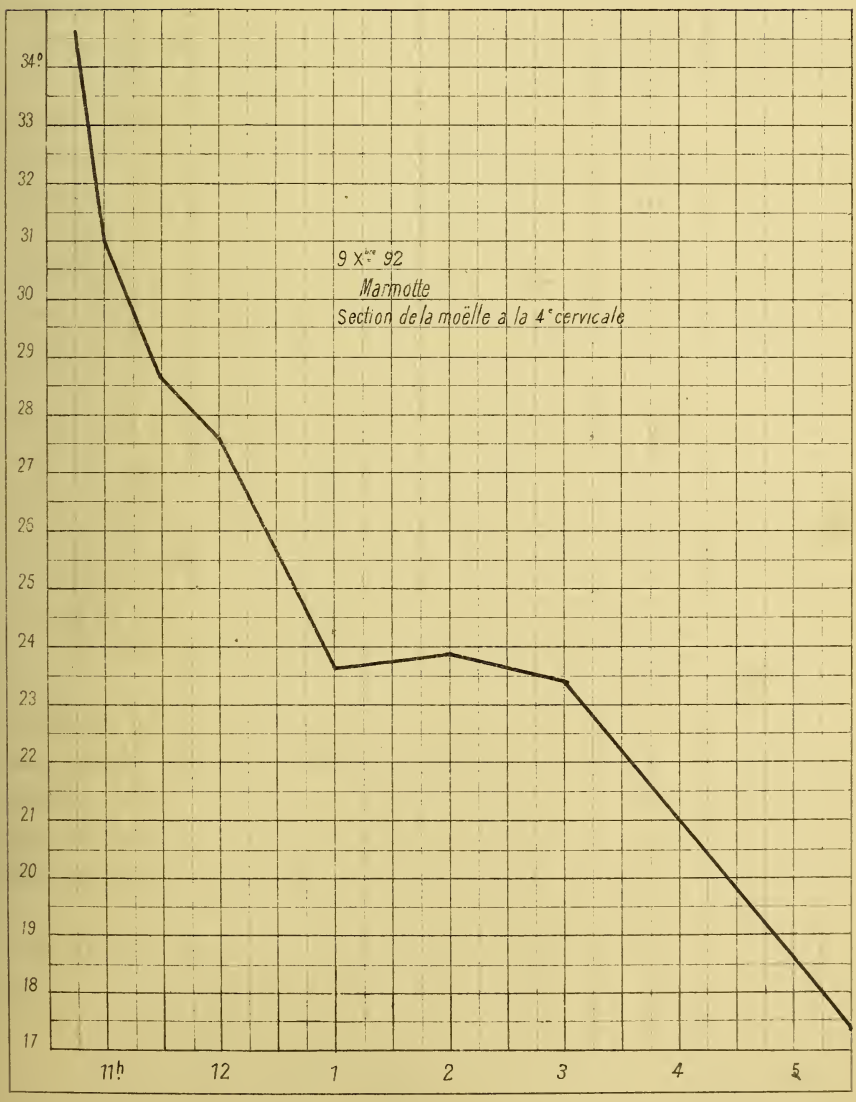
Une heure trois quarts après l'opération, la température étant restée stationnaire, on a pratiqué l'*électrisation du bout périphérique de la moelle* par un courant faradique insuffisant pour provoquer des contractions musculaires. En cinq heures, la température s'est élevée dans la bouche de 13 degrés et dans le rectum de 8 degrés. Il y a eu une augmentation croissante des mouvements respiratoires, de 8 à 20 par minute *(planche 36).*

Le lendemain, la température rectale était de 12 degrés et celle de la bouche de 12°2 (température ambiante = 11 degrés). On a fait alors *l'électrisation du bout central* de la moelle *(planche 35)*, mais, après trois quarts d'heure, on n'avait obtenu dans la bouche, qu'une élévation de température de 1°2. *L'excitation électrique du sciatique et de la vessie* n'amena aucun résultat et l'animal mourut le lendemain.

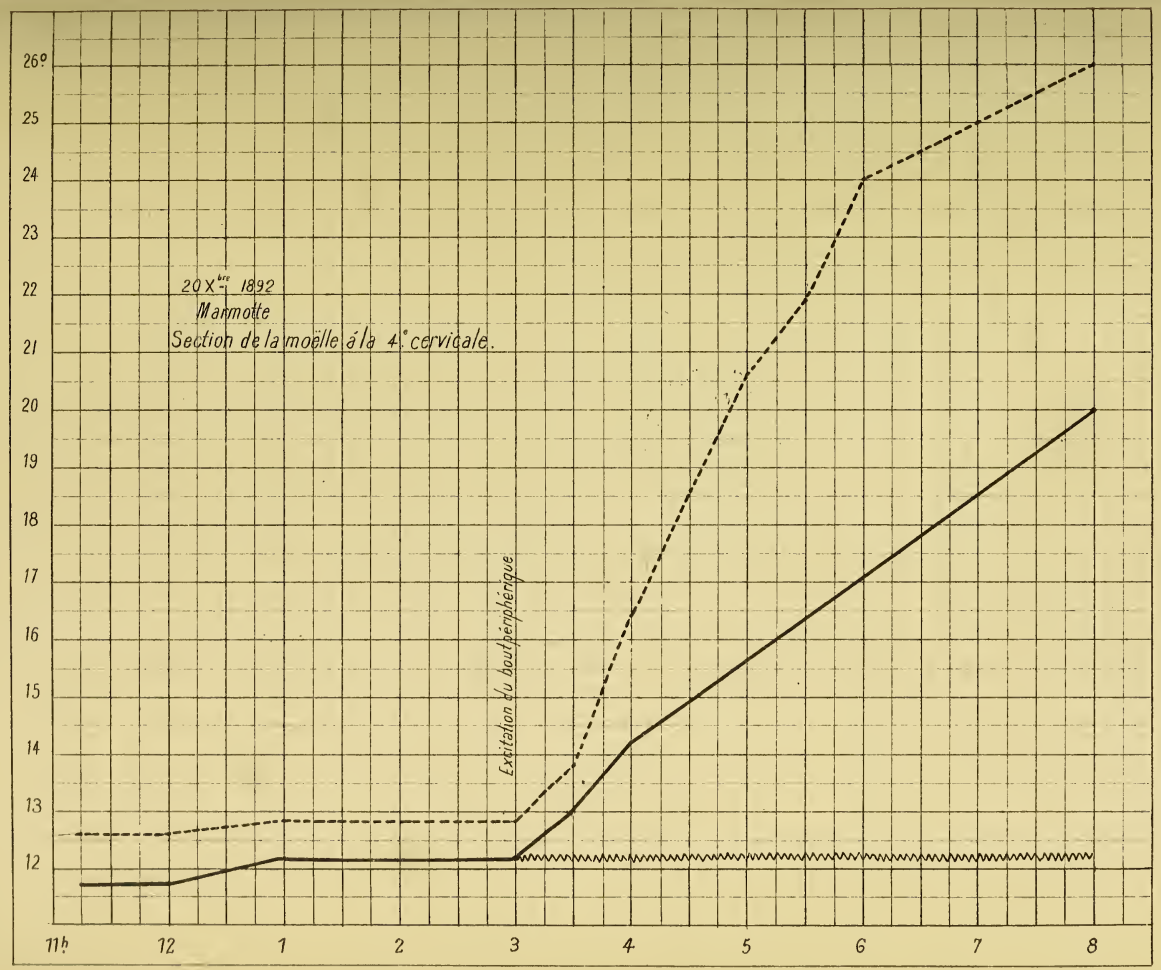
IX. *Section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale. — Excitation du bout périphérique de la moelle. — Influence de la respiration artificielle (planche 37).* Chez cette Marmotte, comme chez la précédente, l'excitation du bout périphérique de la moelle a provoqué une excitation rapide des températures buccale et rectale.

Le lendemain, l'animal était endormi ; on lui a fait une fis-

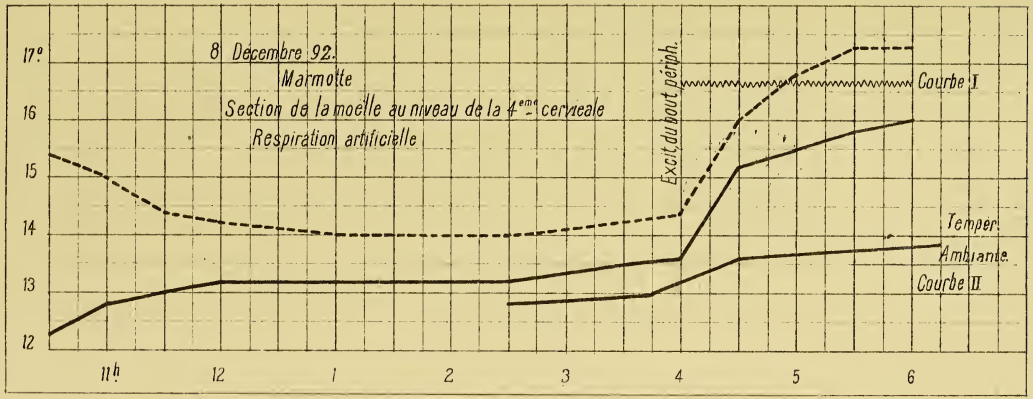

Excitation du bout central.
Excitation du scrotique
Vessie
20 X^bre 92 Marmotte
Section de la moëlle à la 4^e
Cervicale.
id
14°
13
12
3^h
4
5
6


9 X^bre 92
Marmotte
Section de la moëlle à la 4e cervicale
34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
11^h
12
1
2
3
4
5

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


20 X^bre 1892
Marmotte
Section de la moëlle à la 4.e cervicale.
Excitation du bout périphérique
26°
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


8 Décembre 92.
Marmotte
Section de la moëlle au niveau de la 4ème cervicale
Respiration artificielle
Excit. du bout périph.
Courbe I
Temper. Ambiante
Courbe II
17°
16
15
14
13
12
11h
12
1
2
3
4
5
6

NATURAL HISTORY MUSEUM
LIBRARY

tule vésicale : il est mort en sommeil huit jours après l'opération, avec une hémorragie stomacale.

Sur ce sujet, on avait essayé l'influence de la respiration artificielle, avec trente-deux insufflations par minute, sans résultat pour le réchauffement.

X. *Section de la moelle à la quatrième cervicale sur une Marmotte éveillée (planche 35).*

En six heures quarante-cinq minutes, la température s'est abaissée de 17°2. Le lendemain, la Marmotte était endormie avec une température de 11°8. Le quatrième jour, on lui a fait une fistule vésicale ; elle est morte huit jours après l'opération avec une hémorragie stomacale.

XI. *Section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale comparée à la même opération immédiatement suivie de la destruction de la partie inférieure de l'axe cérébro-spinal chez le Lapin (planche 52).*

Dans cette expérience, les deux Lapins se sont refroidis aussi vite, alors que celui dont la moelle était simplement coupée avait conservé, même un peu exagérée sa tonicité musculaire. L'autre, au contraire, était complètement flasque.

On les a mis, au même moment, chacun dans un des cylindres du calorimètre de d'Arsonval et on a constaté que le Lapin qui rayonnait le plus était précisément celui qui avait la moelle détruite, mais il existait une bien petite différence.

Ce résultat établit bien nettement que la tonicité musculaire, à laquelle on a voulu faire jouer un si grand rôle dans la calorification animale, n'a qu'une importance très secondaire, si même elle en a une quelconque[1].

[1] *Remarque.* — Si l'on compare, au point de vue calorimétrique, un Lapin à moelle coupée avec un autre normal, on voit que le premier rayonne un peu moins que le second, mais, tandis que le rayonnement du Lapin normal se maintient, celui du sujet à moelle coupée tombe rapidement et progressivement jusqu'à la mort.

XII. *Section du nerf sciatique droit sur deux Lapins (planche 38).*

L'un ayant la moelle coupée au niveau de la quatrième vertèbre cervicale et l'autre la moelle détruite à partir de ce niveau, on a obtenu, après section de sciatique droit, chez ces deux Lapins, deux courbes identiques de refroidissement. C'est une preuve de plus que la tonicité musculaire n'a pas d'influence marquée sur la calorification.

XIII. *Section de la moelle à la quatrième vertèbre cervicale sur un Lapin refroidi par un courant d'eau froide jusqu'à 20 degrés.*

Après la section, la température de l'animal, lequel avait été sorti de l'eau, au lieu de remonter s'est abaissée à 17°2 et le sujet a succombé.

XIV. *Même opération que ci-dessus : Lapin refroidi à 21 degrés.*

Trois heures après sa sortie de l'eau, la température de ce Lapin était de 20 degrés et le soir, six heures après, il était encore vivant, mais le lendemain mort.

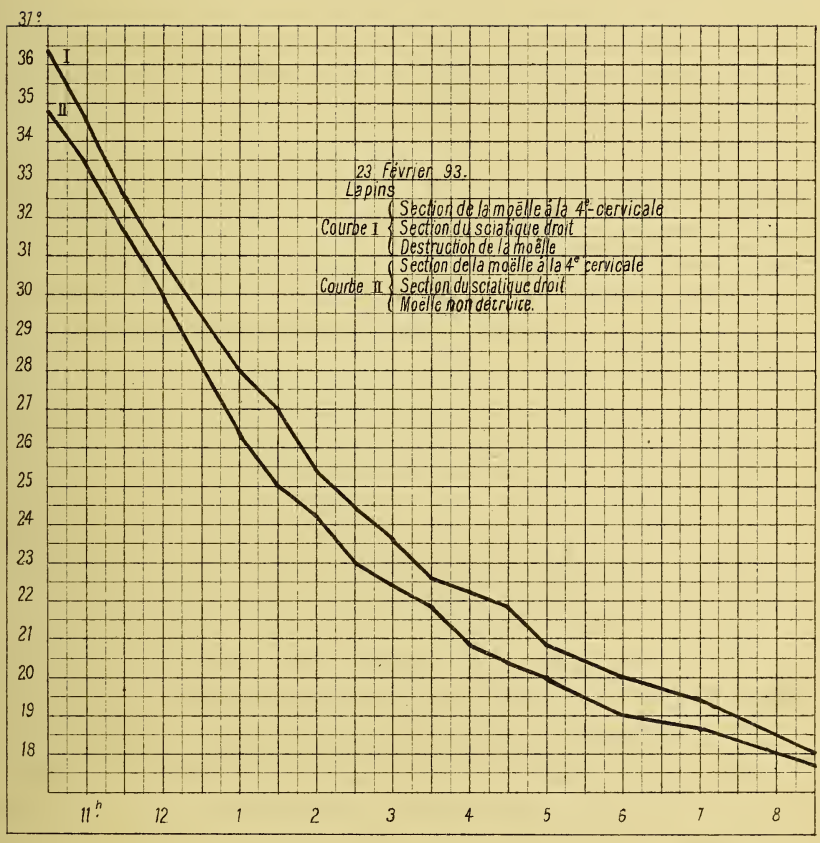
XV. *Même opération sur un Lapin refroidi à 23 degrés.*

Celui-ci a été placé dans une étuve dont on a élevé progressivement la température de 18 à 26 degrés : celle de l'animal a monté à 25 degrés. Six heures plus tard, il était encore vivant, mais il est mort le lendemain avec une hémorragie stomacale.

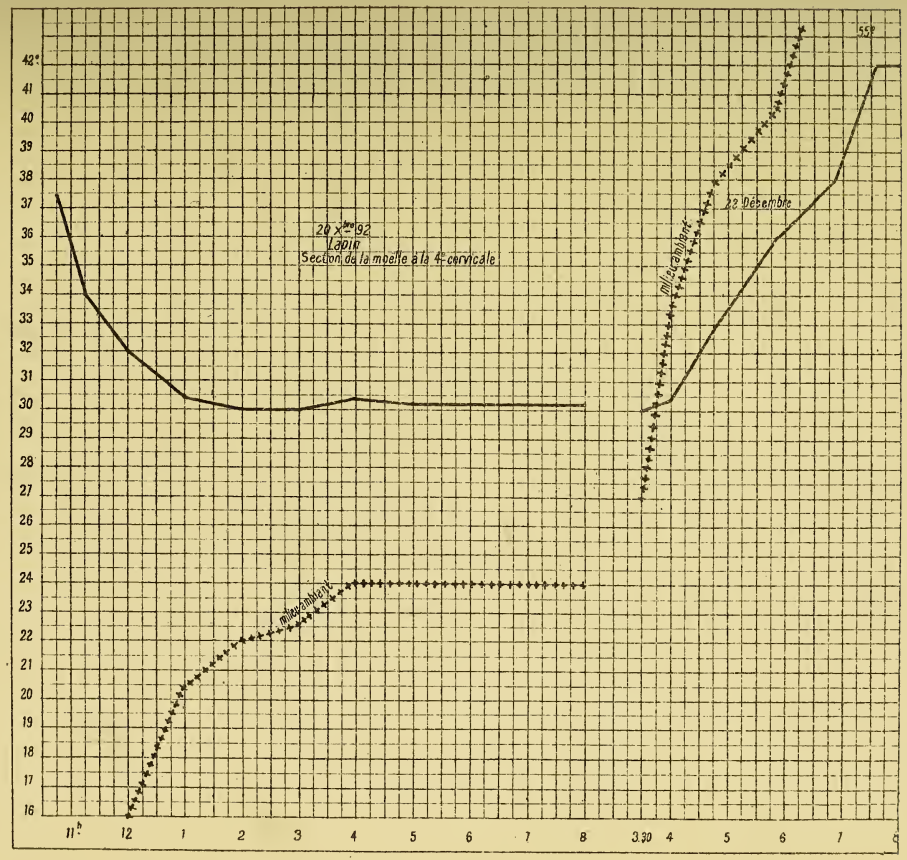
XVI. *Lapin à moelle coupée au niveau de la quatrième vertèbre cervicale et mis à l'étuve (planche 39).*

La température de l'animal s'abaissait au début pendant que celle de l'étuve montait : au bout de neuf heures, dans l'étuve, le thermomètre marquait 24 degrés et, dans le rectum, 30°2. Le lendemain, il y avait 27°4 dans le rectum, et, dans l'étuve, 24 degrés.

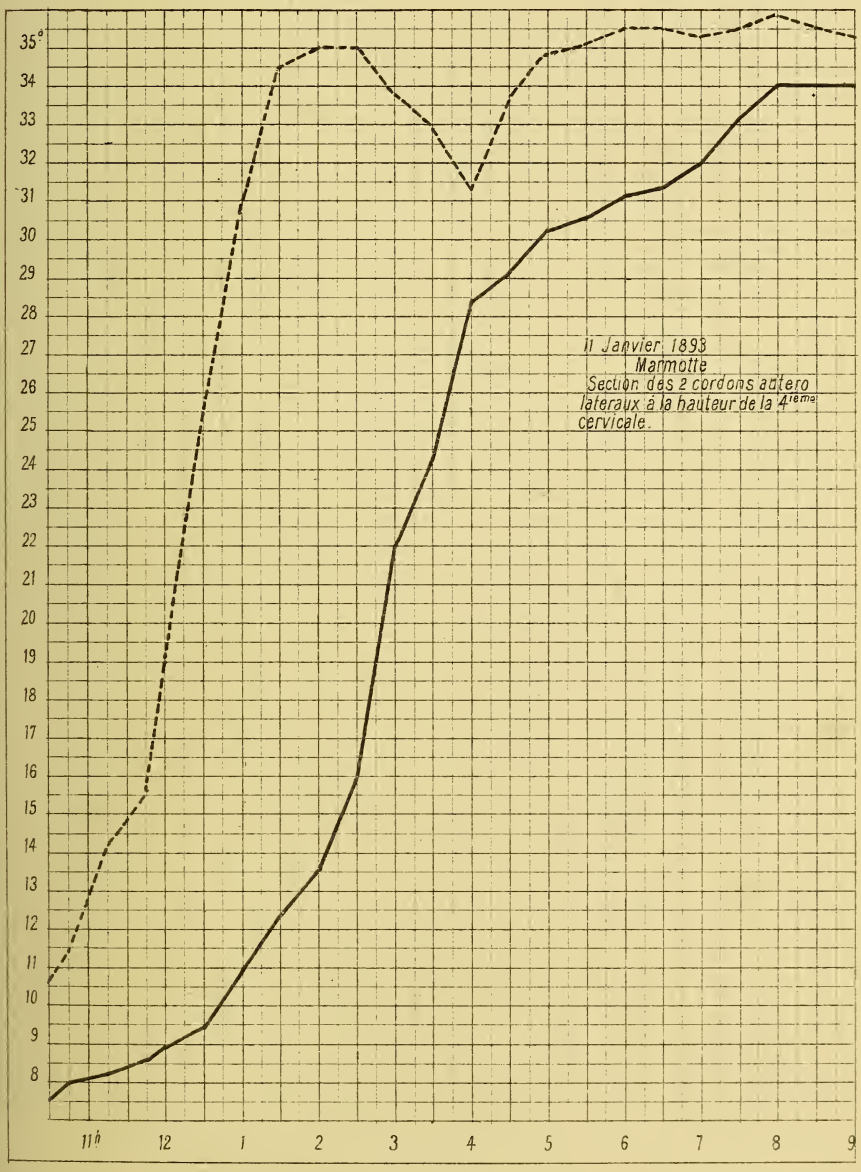
Le surlendemain : étuve 27 degrés ; rectum 30 degrés.


37°
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
I
II
23 Février 93.
Lapins
Courbe I
Section de la moëlle à la 4e cervicale
Section du sciatique droit
Destruction de la moëlle
Courbe II
Section de la moëlle à la 4e cervicale
Section du sciatique droit
Moelle non détruite.
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8

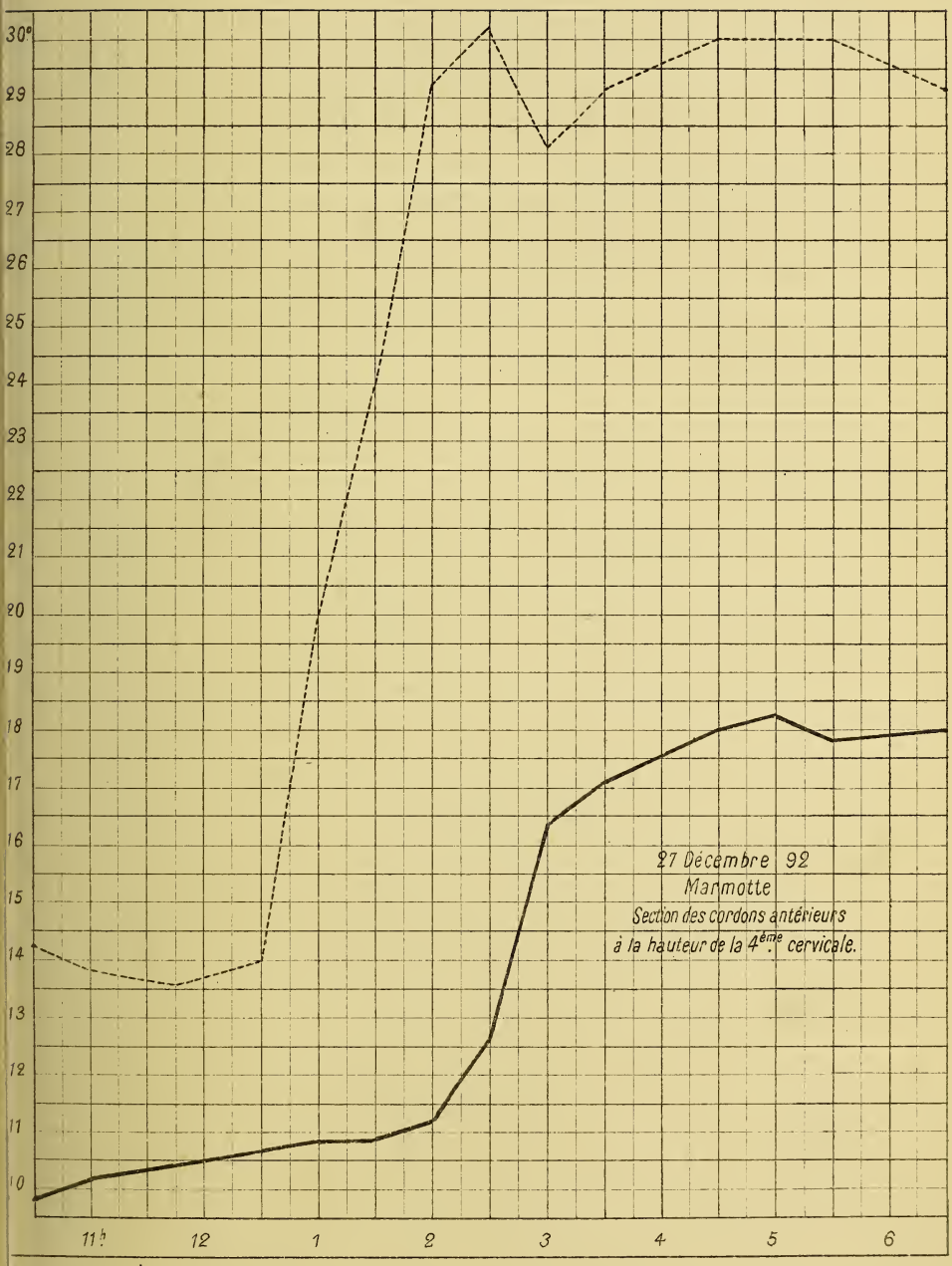
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


20 Xbre 92
Lapin
Section de la moelle à la 4e cervicale
milieu ambiant
22 Décembre
milieu ambiant
55°
42°
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
3,30
4
5
6
7
8

NATURAL HISTORY


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
11 Janvier 1893
Marmotte
Section des 2 cordons antero
lateraux à la hauteur de la 4ième
cervicale.
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


30°
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
11h
12
1
2
3
4
5
6
27 Décembre 92
Marmotte
Section des cordons antérieurs
à la hauteur de la 4ème cervicale.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

On chauffe alors davantage l'étuve : de 27 à 55 degrés en quatre heures quinze minutes ; la température de l'animal monte de 30 à 42 degrés et il meurt avec les poumons hépatisés et le cœur en systole.

Il n'y avait pas d'hémorragie stomacale, mais l'estomac se déchirait sous une légère pression du doigt. Ces expériences montrent que l'animal, Marmotte ou Lapin, dont on a coupé la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale ne peut plus produire qu'une très faible quantité de chaleur.

Celle-ci peut être suffisante pour entretenir la vie de la Marmotte : elle ne l'est pas pour celle du Lapin : mais, chez ce dernier, l'existence peut être prolongée en faisant fournir artificiellement une quantité convenable de calorique, par le milieu ambiant. Si cette quantité de chaleur d'emprunt est trop forte, l'animal meurt parce qu'il ne peut s'en débarrasser.

On ne doit pas considérer la chaleur que produit un animal comme un déchet, un résidu inutile et dans certains cas nuisible qu'il faut éliminer, mais bien comme une condition physique du milieu intérieur indispensable au bon fonctionnement de l'organisme.

XVII. *Section des cordons antéro-latéraux au niveau de la quatrième vertèbre cervicale (planches 40 et 41).*

La section des faisceaux antérieurs et latéraux de la moelle n'a pas empêché le réchauffement des Marmottes. Dans un cas, le réchauffement de la partie postérieure a été incomplet *(planche 41)* et, le lendemain, l'animal était en sommeil avec 12°8 dans le rectum et 13°2 dans la bouche : il n'avait qu'une à deux respirations par minute : il est vrai qu'il est mort dans l'après-midi. La région pylorique présentait un point hémorragique.

Dans l'autre expérience *(planche 40)*, la Marmotte, qui était au douzième jour de sommeil au moment de l'opération, a survécu trente jours et servi à une autre opération. Il s'est produit, dix jours après sa section, des alternatives de sommeil et de réveil très normaux.

Dans les deux cas, les courbes présentent un même accident :

c'est, à la fin du réchauffement, une légère diminution de la température coïncidant avec un ralentissement passager de la respiration.

XVIII. *Section des cordons postérieurs à la hauteur de la quatrième vertèbre cervicale et destruction de la substance grise (planche 43).*

Chez une Marmotte, qui avait quatre jours de sommeil, on a pratiqué la section des cordons postérieurs. Les trémulations et le réchauffement ayant commencé à se produire d'une manière normale, on a détruit alors la substance grise, ce qui n'a pas arrêté immédiatement ce dernier. Cependant, au bout d'une demi-heure, la température buccale a commencé à baisser.

Le lendemain, l'animal était en sommeil et est mort, dans cet état, huit jours après l'opération, avec des hémorragies stomacales.

A l'autopsie, on a constaté que les cordons antérieurs avaient été respectés.

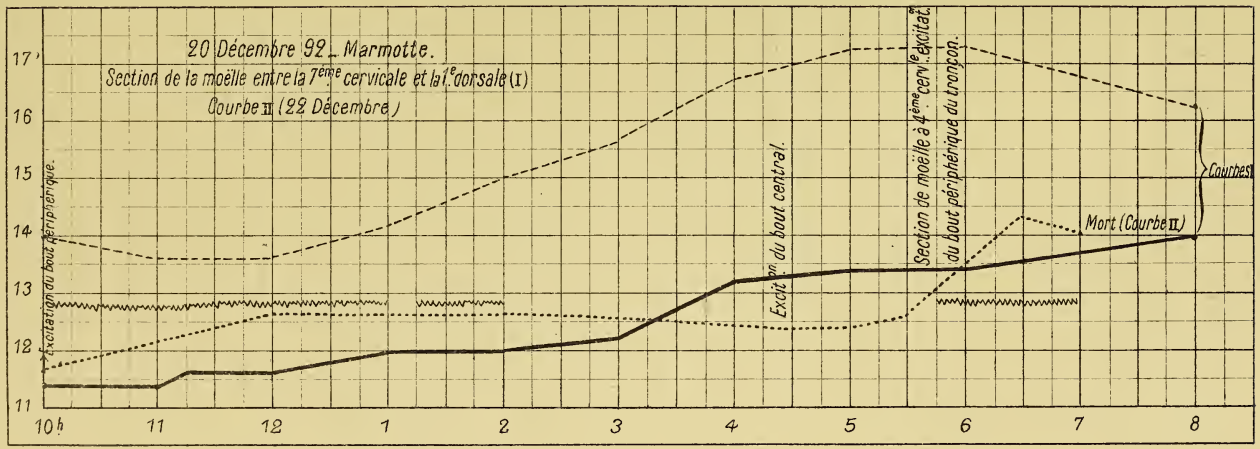
XIX. *Hémisection à droite de la moelle à la hauteur de la quatrième vertèbre cervicale (planche 46).*

L'opération a été faite sur une Marmotte en sommeil depuis six jours. La respiration abdominale est restée normale, mais celle du thorax se faisait seulement du côté gauche ; le membre inférieur droit était flasque. Le réchauffement s'est produit symétriquement. Cinq jours plus tard, l'animal était endormi ; il est mort, en torpeur, dix jours après l'opération, probablement de rétention d'urine, car la vessie était très gonflée.

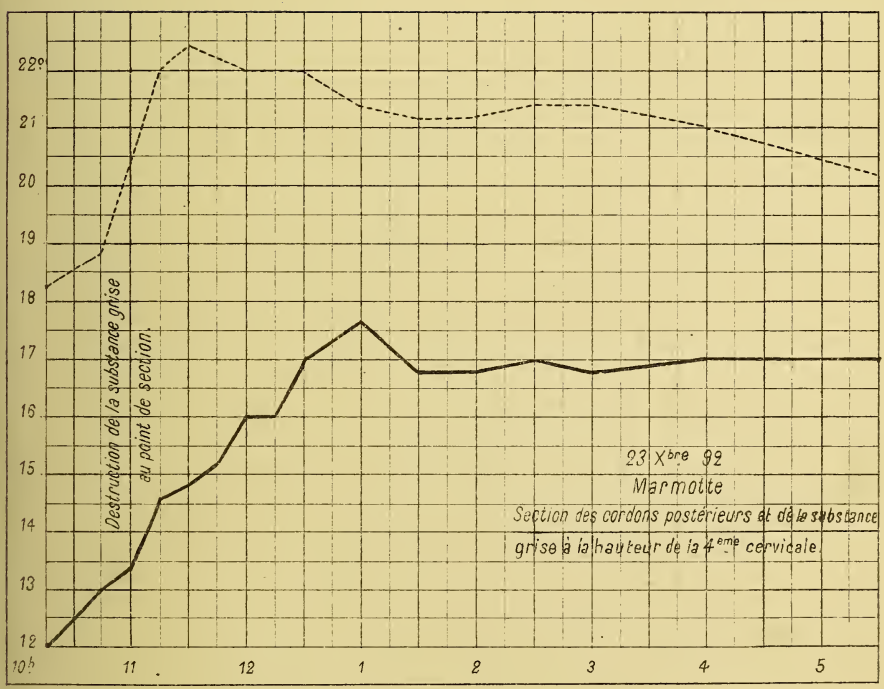
XX. *Hémisection à gauche de la moelle à la hauteur de la quatrième vertèbre cervicale (planche 45)*[1].

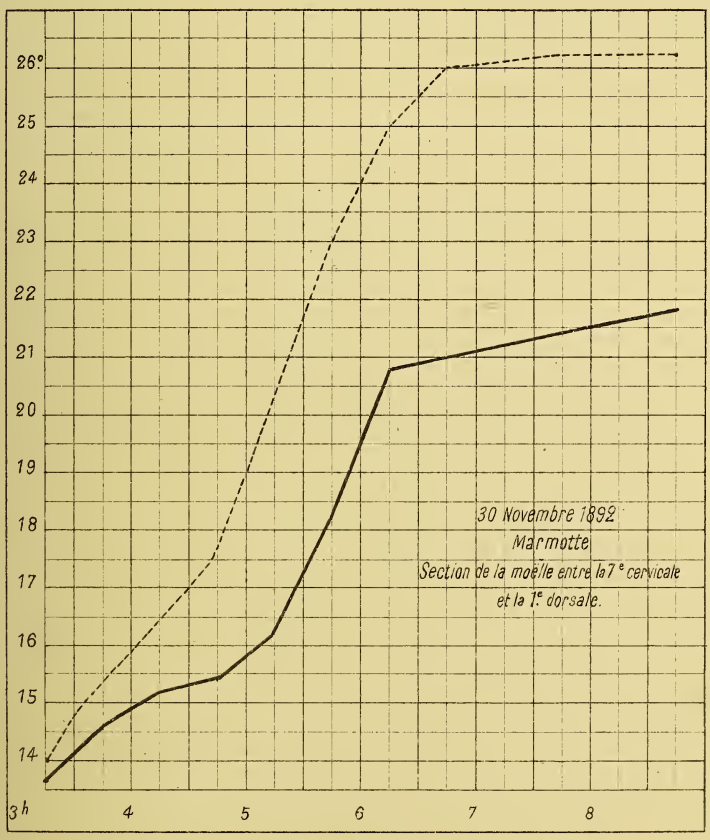
Comme dans le cas précédent, d'ailleurs, le réchauffement a

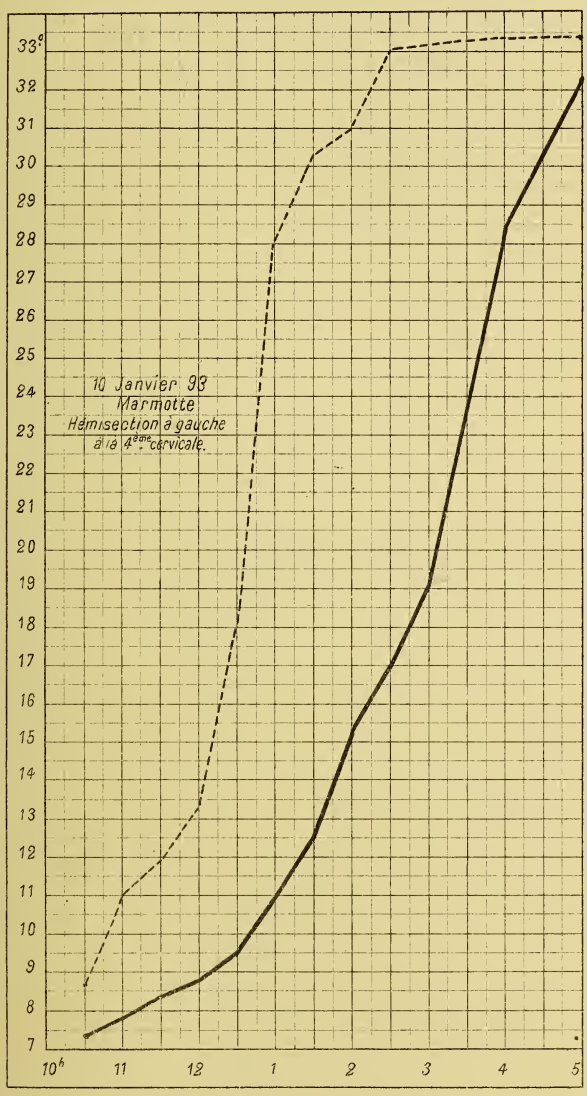
[1] *Remarque.* — Chez la Marmotte, l'origine des phréniques se fait aux dépens des quatrième et cinquième paires cervicales et remonte dans la moelle jusqu'à la troisième paire : la section au niveau de la quatrième vertèbre cervicale respecte, en partie, les origines de ces nerfs.

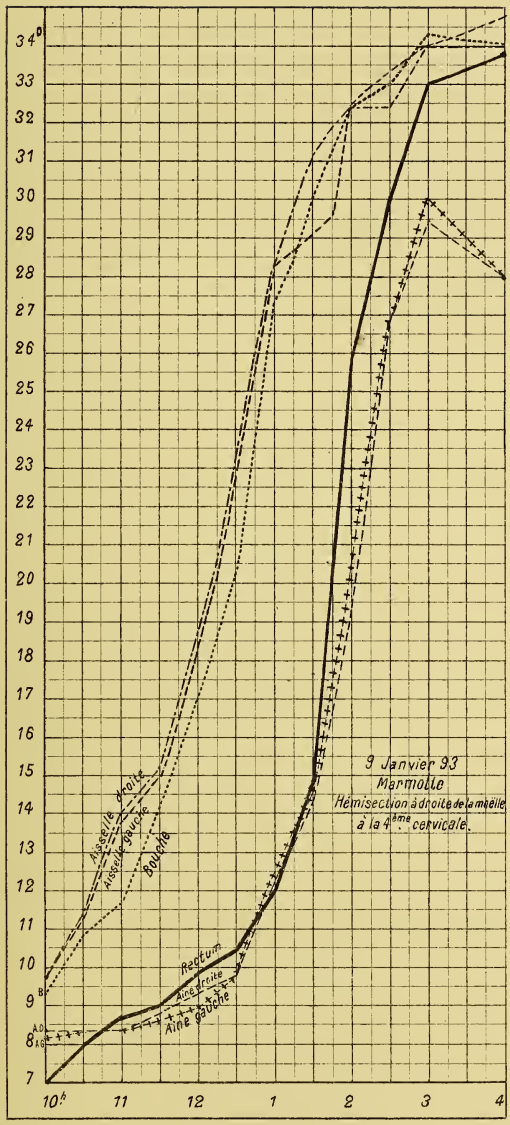

20 Décembre 92 – Marmotte.
Section de la moëlle entre la 7ème cervicale et la 1e dorsale (I)
Courbe II (22 Décembre)
Excitation du bout périphérique.
Excitn du bout central.
Section de moëlle à 4ème cervi. Excitat.
du bout périphérique du tronçon.
Mort (Courbe II)
Courbes
17
16
15
14
13
12
11
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8

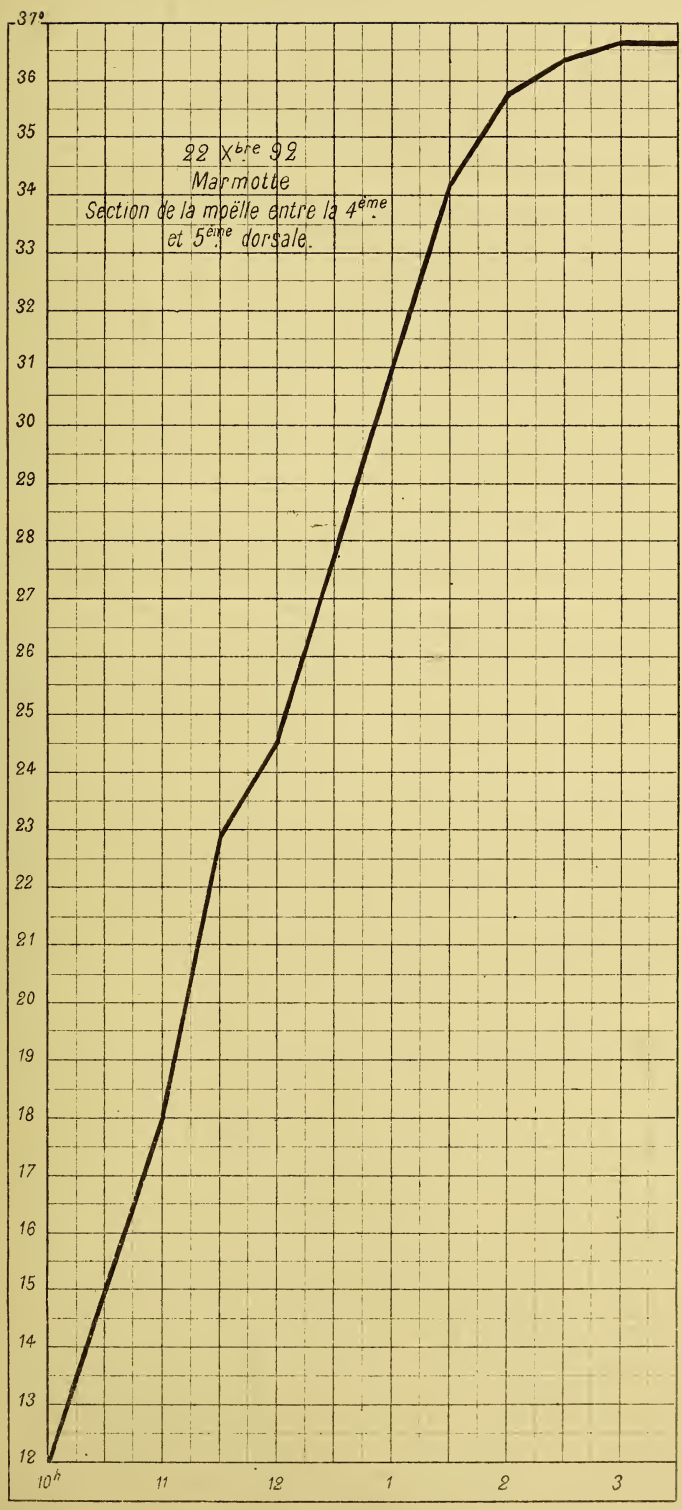
Pl. 43


22°
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
10h
11
12
1
2
3
4
5
Destruction de la substance grise
au point de section.
23 Xbre 92
Marmotte
Section des cordons postérieurs et de la substance
grise à la hauteur de la 4ème cervicale.


26°
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
3h
4
5
6
7
8
30 Novembre 1892
Marmotte
Section de la moëlle entre la 7e cervicale
et la 1e dorsale.


33°
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
10 Janvier 93
Marmotte
Hémisection à gauche
à la 4ème cervicale.
10h
11
12
1
2
3
4
5


34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9 B
8 AD AG
7
10h
11
12
1
2
3
4
Aisselle droite
Aisselle gauche
Bouche
Rectum
Aine droite
Aine gauche
9 Janvier 93
Marmotte
Hémisection à droite de la moelle
à la 4ème cervicale.


22 Xbre 92
Marmotte
Section de la moëlle entre la 4ème
et 5ème dorsale.
37°
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
10h
11
12
1
2
3

a été symétrique, mais l'animal était bien portant trente jours encore après l'opération, et il avait eu des alternatives de sommeil et de réveil.

XXI. *Section de la moelle entre la septième vertèbre cervicale et la première vertèbre dorsale (planche 44).*

Cette opération a ralenti le réchauffement et l'a rendu incomplet : l'animal présentait le lendemain 18°8 dans la rectum et, le surlendemain, il dormait avec 16°4. Trois jours après la section, il y avait encore des réflexes très nets du train postérieur. On n'a rien obtenu des excitations du sciatique, ni de sa section, au point de vue de la calorification générale. Pendant les jours suivants, la température s'est abaissée de 13°2 à 11°8 et la Marmotte est morte douze jours après l'opération : il y avait des hémorragies de la muqueuse stomacale.

XXII. *Section de la moelle entre la septième vertèbre cervicale et la première vertèbre dorsale. Excitations diverses (planche 42).*

Le réchauffement a été, dans cette expérience, encore plus lent et plus incomplet que dans le cas précédent. Le lendemain, on a électrisé le bout périphérique de la moelle : alors, l'élévation de température a été peu considérable, et, en excitant le bout central, presque nulle, mais assez marquée en galvanisant le tronçon de moelle compris entre une section pratiquée au niveau de la quatrième vertèbre cervicale et celle qui existait à la septième vertèbre cervicale.

Section de la moelle entre la quatrième et la cinquième vertèbre dorsale (planche 47).

En cinq heures trente minutes, le réchauffement s'est produit complètement. Il y a eu un léger ralentissement dans l'ensemble, mais le départ a été plus brusque que d'habitude, sans doute par l'effet de l'excitation opératoire sur la moelle.

Quatre jours après l'opération, cette Marmotte était encore éveillée : on lui a fait une ponction de la vessie et elle s'est endormie le lendemain. Il y a eu deux sommeils, l'un de huit

jours et l'autre de cinq jours. L'animal est mort le cinquième jour du deuxième sommeil, soit dix-huit jours après l'opération.

Il y avait eu une hémorragie stomacale et une rupture de la vessie.

XXIII. *Section de la moelle entre la sixième et la septième vertèbre dorsale, avec destruction de la partie postérieure de la moelle (planche 48).*

Le réchauffement a été normal. Le lendemain, on remarque que les extrémités antérieures sont froides et les postérieures très chaudes. On entoure les pattes de coton : le thermomètre appliqué sur celles de devant marque 21 degrés et sur celles de derrière 35 degrés. Cette différence n'existait plus le lendemain.

On a fait à cette Marmotte une fistule vésicale et cinq jours plus tard, malgré une température de 36 degrés et une respiration assez active, elle paraissait engourdie. Le dixième jour, elle s'est mangée une patte postérieure et le quatorzième jour, elle s'est ouvert le ventre. La température était descendue progressivement à 30 degrés.

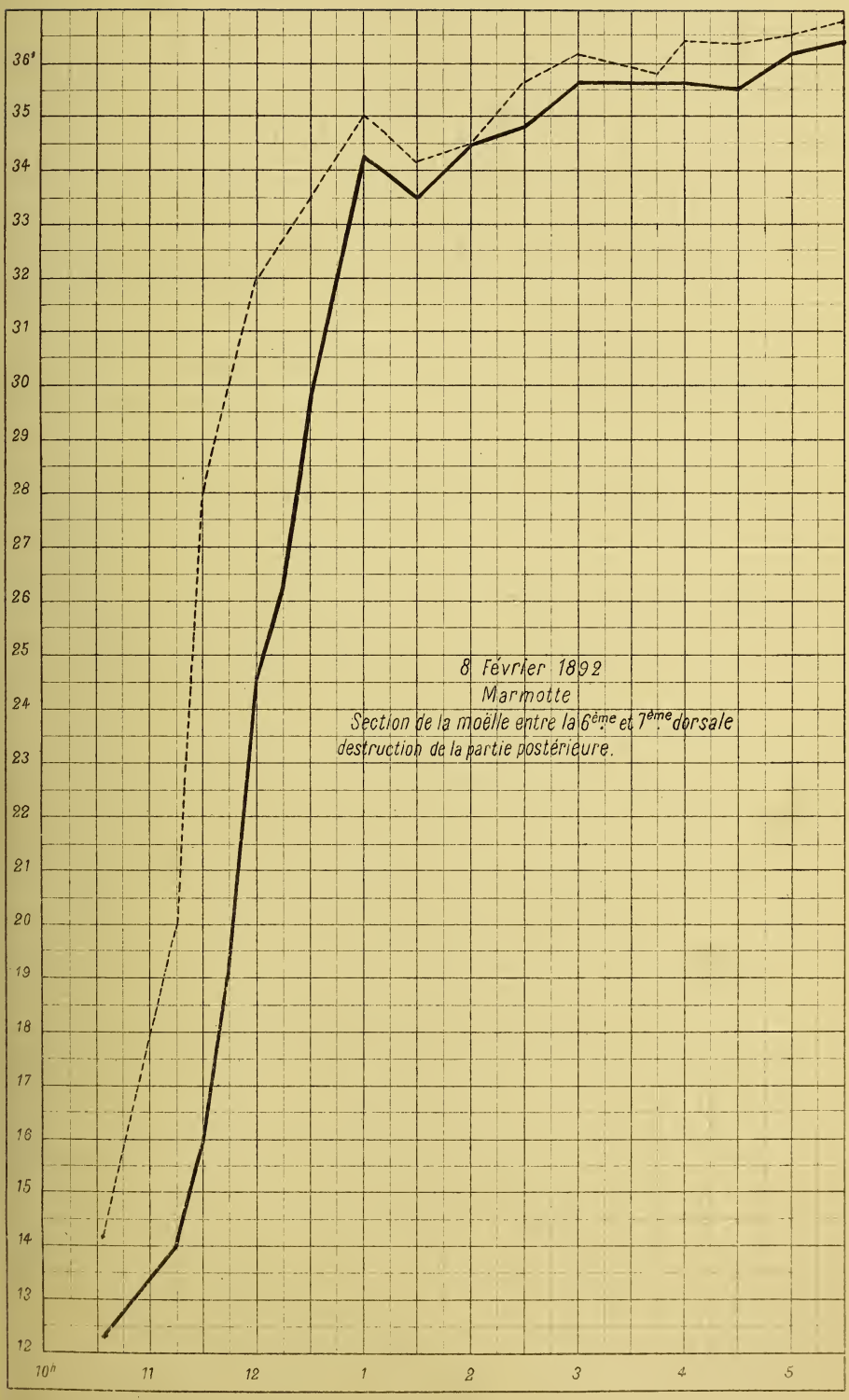
XXIV. *Section de la moelle entre la sixième et la septième vertèbre dorsale. — Section du sympathique droit entre le sixième et le septième ganglion thoracique. — Destruction de la partie inférieure de la moelle (planche 50).*

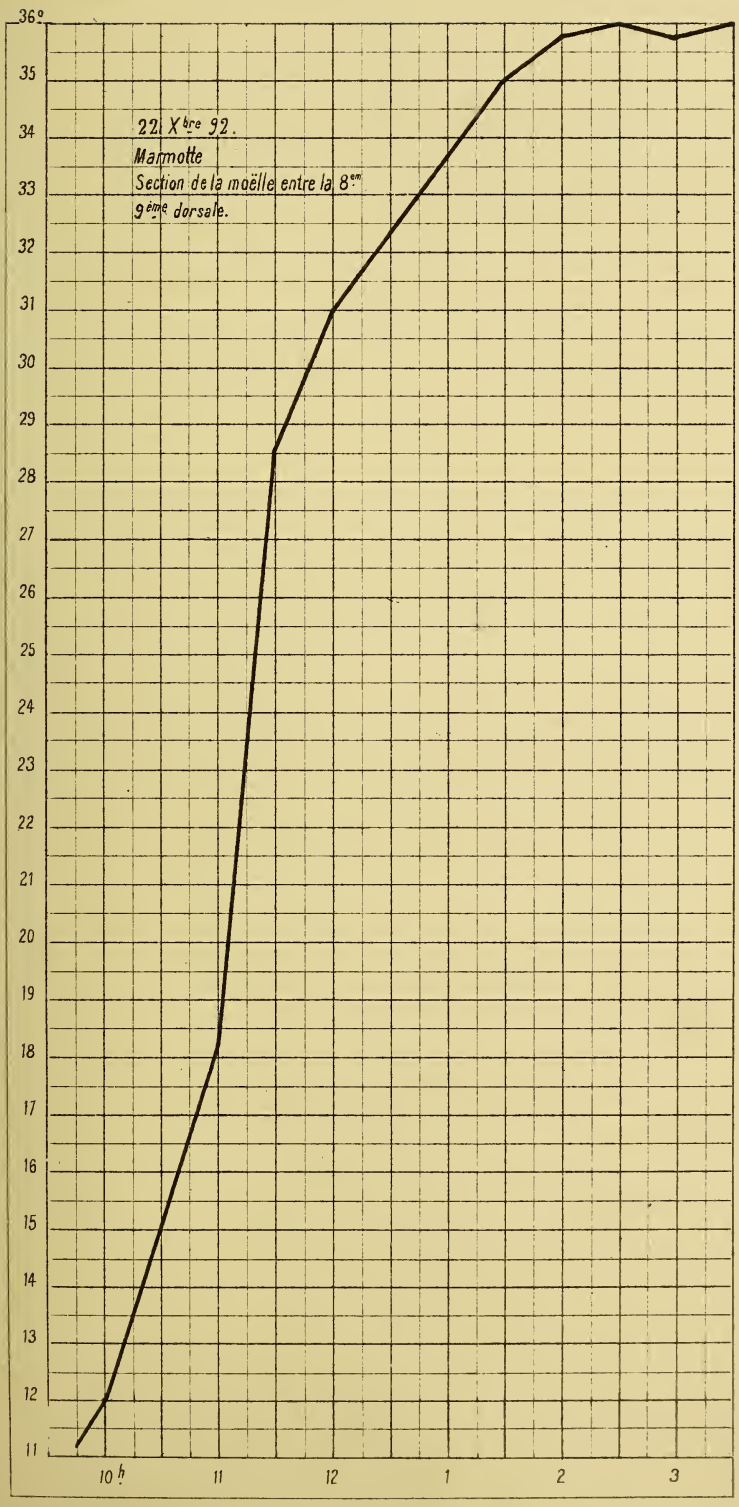
Il y a eu, dans cette expérience, un ralentissement du réchauffement, lequel a été incomplet. On ne peut attribuer ce résultat qu'à la section du sympathique.

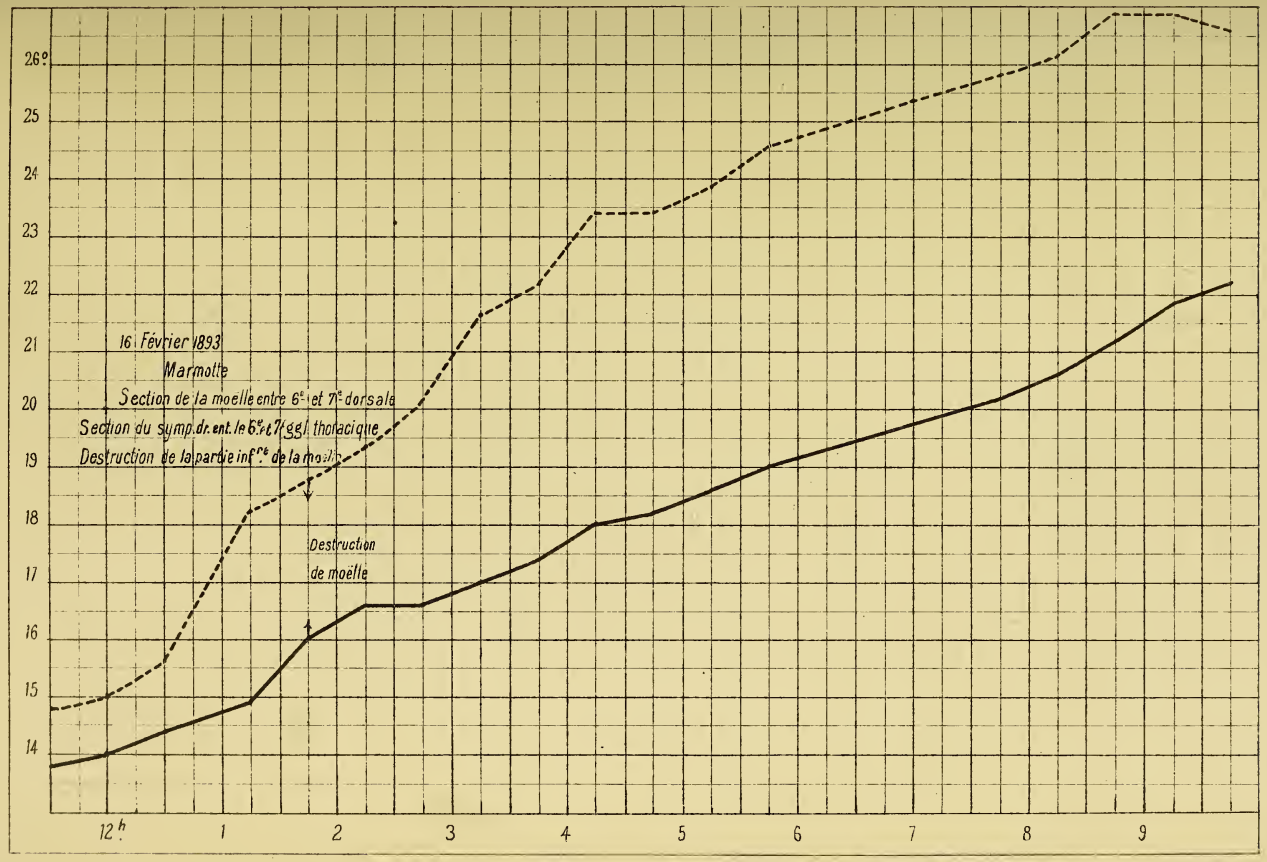
Le lendemain, l'animal avait 21°6 dans le rectum, le surlendemain 14°4 et le troisième jour après l'opération, il mourait avec un poumon hépatisé.

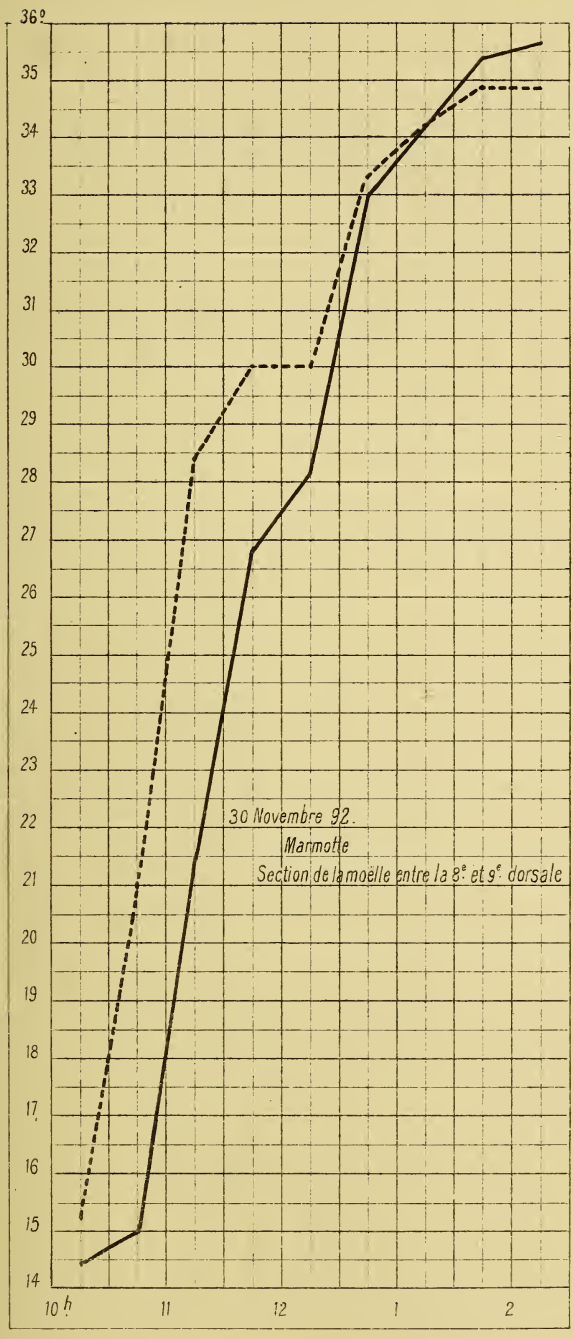
XXV. *Section de la moelle entre la huitième et la neuvième vertèbre dorsale (planche 49).*

La Marmotte à laquelle on a pratiqué cette opération, s'est éveillée très rapidement et très complètement. Elle est morte


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
10h
11
12
1
2
3
4
5
8 Février 1892
Marmotte
Section de la moëlle entre la 6ème et 7ème dorsale
destruction de la partie postérieure.


22. Xbre 92.
Marmotte
Section de la moëlle entre la 8ème
9ème dorsale.
36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10 h
11
12
1
2
3


26°
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
16 Février 1893
Marmotte
Section de la moelle entre 6e et 7e dorsale
Section du symp. dr. ent. le 6e et 7e gl. thoracique
Destruction de la partie inf.re de la moelle
Destruction
de moëlle
12h
1
2
3
4
5
6
7
8
9


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
10 h
11
12
1
2
30 Novembre 92.
Marmotte
Section de la moëlle entre la 8e et 9e dorsale

treize jours après l'opération d'un épanchement d'urine dans le péritoine, survenu à la suite d'une ponction. L'estomac était sain. L'animal est resté éveillé jusqu'à la mort.

XXVI. *Section de la moelle entre la huitième et la neuvième vertèbre dorsale (planche 51).*

Le réchauffement de cette Marmotte a été très rapide, normal, sauf un petit arrêt vers le trentième degré de température buccale et un ralentissement au vingt-huitième degré de température rectale. Il s'est produit, dans la suite, une longue série de sommeils et de réveils. Elle était endormie le troisième jour après son opération ; le quatrième, elle s'est réveillée avec une vessie très distendue, ce qui ne l'a pas empêchée de se rendormir le lendemain, sans avoir uriné. On lui a fait une fistule vésicale. Mais elle a eu plus tard plusieurs réveils sans émission d'urine, ni défécation, ce qui nous a conduit à penser que, contrairement à nos conclusions premières, les réveils peuvent être déterminés par une cause interne autre que l'excitation de la vessie ou du rectum par l'accumulation des excréments.

Nous verrons plus tard que l'accumulation de l'acide carbonique dans le sang, en accélérant les mouvements respiratoires, suffit pour produire ce résultat.

Cette Marmotte est morte deux mois et cinq jours après son opération : elle était très maigre, mais la glande hivernale était peu atrophiée. L'estomac était sain.

J'ai recherché l'*influence de la section de la moelle pratiquée, au début du réveil, chez la Marmotte, sur la respiration et la circulation. La figure 96* montre qu'après la section au niveau de la quatrième vertèbre cervicale, la respiration devient presque exclusivement abdominale : les mouvements du thorax, très amoindris, sont passifs, d'où le type respiratoire « en bascule ».

La *figure 97* indique que la respiration, conservant le même type, se ralentit quelques instants après la section.

Lorsque la section est pratiquée vers le milieu de la région dorsale, la respiration thoracique reste active et se fait en

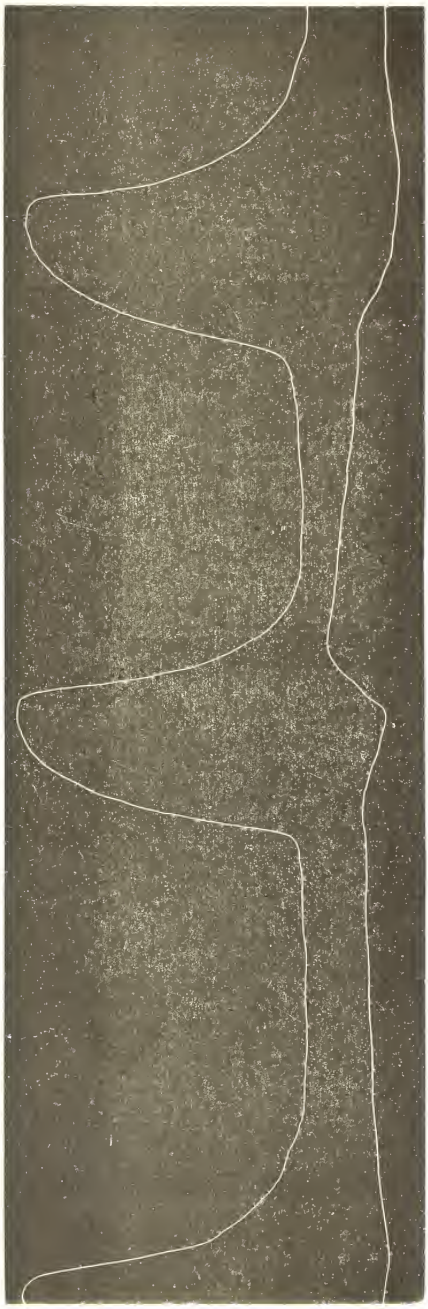


Fig. 96. — *Graphiques respiratoires pris après la section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale. Respiration en bascule.* Température 9°2. — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

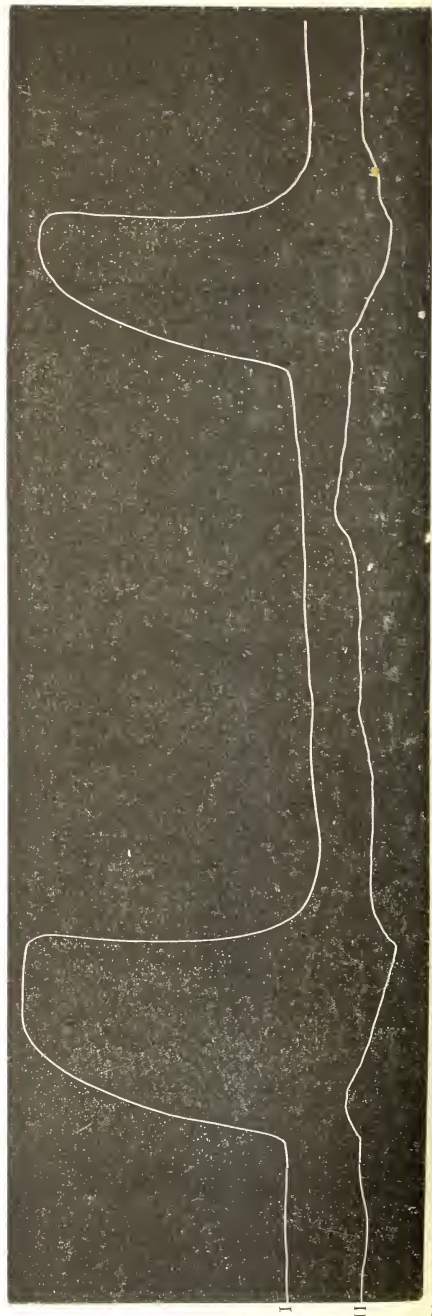


Fig. 97. — *La respiration conservant le même type se ralentit quelques instants après la section.* — I. *Tracé abdominal.* —

Fig. 98. — *Grosse Marmotte. Graphique pris après la section de la moelle entre la sixième et la septième vertèbre dorsale* — I. — *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

Fig. 99. — *Accélération normale du cœur au début d'un réveil entre* 8°6 et 9°6.

Fig. 100. — *Suite du graphique précédent.*

Fig. 101. — *Ralentissement des battements du cœur et diminution de leur amplitude après section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale, chez la Marmotte ayant fourni les graphiques des figures 1 et 2.*

Fig. 102. — *Graphique des battements du cœur pris aussitôt après la section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale : il y avait 36 battements par minute avant la section, il n'y en a plus que 24.*

Fig. 103. — *Graphiques des battements du cœur : le lendemain, ils se sont encore ralentis (18 par minute).* —

même temps que la respiration diaphragmatique, mais celle-ci prédomine dans le début du réveil, comme on le voit dans la *figure 98*.

La section au niveau de la quatrième vertèbre cervicale ralentit immédiatement les battements du cœur *(figures 99, 100* et *101)*.

Le ralentissement était plus accusé le lendemain de l'opération chez une autre Marmotte *(figures 102 et 103)*, et la pression intracarotidienne était à peine de 2 centimètres le surlendemain. Temp : 12 degrés.

Fig. 104. — *Chez la même Marmotte, la pression intra-carotidienne était à peine de 2 centimètres, le surlendemain.* — Température 12 degrés.

Quand on excite le bout périphérique de la moelle au niveau de la quatrième cervicale, la pression augmente dans la veine porte, et, dans l'intervalle des excitations, les vaisseaux des viscères intra-abdominaux se congestionnent.

Il convient de rappeler que Claude Bernard a montré qu'après la section de la moelle, au-dessous du renflement brachial, la sécrétion du sucre était constamment arrêtée ; il ne s'en forme plus parce qu'il n'y a plus de glycogène dans le foie. Si la section porte au-dessus du renflement brachial, le sucre disparaît du sang et il s'accumule du glycogène dans le foie. Ce viscère, d'après Claude Bernard, reçoit des filets sympathiques du centre brachial, car on produit le même effet en enlevant le ganglion cervical inférieur et le premier thoracique.

Il n'est pas nécessaire d'admettre l'existence d'un centre hépatique dans la moelle : tout dépend des communications avec le cerveau moyen.

Pfluger avait d'ailleurs remarqué que la piqûre diabétique du bulbe amenait au bout d'une demi-heure un abaissement

de 2 degrés : il plaçait, dans cette partie de l'axe cérébro-spinal, un centre permettant à l'animal de relever sa température, quand le froid extérieur tend à l'abaisser.

Sur les Marmottes éveillées, la section de la moelle produit les mêmes effets que chez les autres mammifères : diminution de l'activité des organes abdominaux, de leur température, de la circulation porte-hépatique, des sécrétions et des excrétions : le sang devient couleur artérielle dans la veine porte et les veines rénales. Après la mort, la conservation de la contractibilité réflexe est prolongée, comme chez les animaux à sang froid.

Tous ces phénomènes apparaissent quand la Marmotte tombe normalement en état de torpeur.

Conclusions du chapitre X :

1° *La section du bulbe, au-dessus du nœud vital, empêche le réchauffement et le réveil des Marmottes en torpeur, même avec le secours de la respiration artificielle modérée ou accélérée ;*

2° *La même opération pratiquée sur le Lapin produit une hypothermie rapide et considérable ;*

3° *La section de la moelle entre l'occipital et l'atlas provoque les mêmes effets. Le résultat est identique quand la section est pratiquée entre la deuxième et troisième vertèbre cervicale au-dessus de l'origine des nerfs phréniques ;*

4° *Les Marmottes peuvent survivre plusieurs jours à la section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale, mais elles restent en état de torpeur et d'hypothermie. La respiration est alors très ralentie, comme dans la torpeur normale ;*

5° *Dans ces conditions, l'excitation du sciatique ou de la*

vessie, ainsi que la respiration artificielle sont impuissantes à provoquer le réchauffement ; au contraire, l'excitation du bout périphérique de la moelle provoque une élévation rapide des températures buccale et rectale ;

6° *Cependant, la tonicité musculaire n'est pas détruite après la section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale : elle est plutôt exagérée ;*

7° *Si l'on pratique la section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale sur deux Lapins de même taille et qu'on supprime chez l'un d'eux la tonicité musculaire par destruction du bout périphérique de la moelle, ils se refroidissent aussi vite l'un que l'autre, en rayonnant tous deux à peu près autant de calorique ;*

8° *En comparant, au point de vue calorimétrique, un Lapin normal et un autre à moelle coupée, on constate que ce dernier rayonne moins de chaleur que le premier, quoique sa tonicité musculaire puisse être exagérée ;*

9° *En refroidissant artificiellement un Lapin et en lui coupant ensuite la moelle à la quatrième vertèbre cervicale, on ne lui donne pas la propriété que possèdent lse Marmottes de survivre plusieurs jours à cette opération : mais on peut prolonger la survie en fournissant artificiellement du calorique. Si la quantité de calorique empruntée au milieu est trop forte, la mort survient rapidement. On ne doit donc pas considérer la chaleur que produit un animal comme un simple déchet, un résidu inutile et nuisible qu'il faut éliminer, mais bien comme une condition physique du milieu intérieur indispensable pour le bon fonctionnement physiologique de l'organisme. Cette condition est variable, suivant les espèces, selon les organes et leur état de repos ou de travail ;*

10° *Ce n'est ni par les cordons antérieurs et latéraux de la moelle, ni par les cordons postérieurs que se font les commu-*

nications entre le cerveau moyen et la moelle nécessaires à la calorification, mais bien par l'axe gris cérébro-spinal ;

11° *A la suite des hémisections médullaires pratiquées, soit à gauche, soit à droite, le réchauffement a été symétrique et complet; cette opération n'empêche pas les alternatives de sommeil et de réveil de se produire;*

12° *La section de la moelle entre la septième vertèbre cervicale et la première dorsale ralentit le réchauffement et le rend incomplet ;*

13° *L'excitation galvanique du tronçon de moelle compris entre la quatrième et la septième vertèbre cervicale, relève la température de la Marmotte dont le réchauffement a été empêché par la section supérieure ;*

14° *Quand les sections sont pratiquées au-dessous de la quatrième vertèbre dorsale, le réchauffement est complet, mais un peu ralenti ;*

15° *Avec la section médullaire au-dessous de la sixième vertèbre dorsale, le réchauffement est normal ;*

16° *Les Marmottes auxquelles on a pratiqué des sections dans la région médullaire intéressant la calorification générale sont mortes avec des hémorragies ou des ramollissements de la muqueuse stomacale. Il existe dans cette région un centre, ou plutôt un passage, très important pour le fonctionnement stomacal et dont les lésions, ou les troubles fonctionnels, doivent jouer un très grand rôle dans la pathogénie des affections stomacales ;*

17° *Chez les Marmottes, encore en torpeur, la section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale amène la suppression des mouvements respiratoires du thorax avec une amplification des mouvements diaphragmatiques. La respiration se fait « en bascule » en même temps qu'elle se ralentit ;*

les mouvements du cœur sont également ralentis; la pression artérielle baisse considérablement;

18° *Cette opération détermine chez les Marmottes éveillées les mêmes phénomènes que chez les autres mammifères: ils se manifestent spontanément quand l'hivernant tombe normalement en état de torpeur;*

19° *L'axe gris de la moelle cervicale établit des communications entre les centres cérébraux et les autres parties de l'organisme servant à la thermogénèse générale.*

CHAPITRE XIII

DU ROLE DES GANGLIONS NERVEUX ET DES NERFS DANS LA THERMOGÉNÈSE

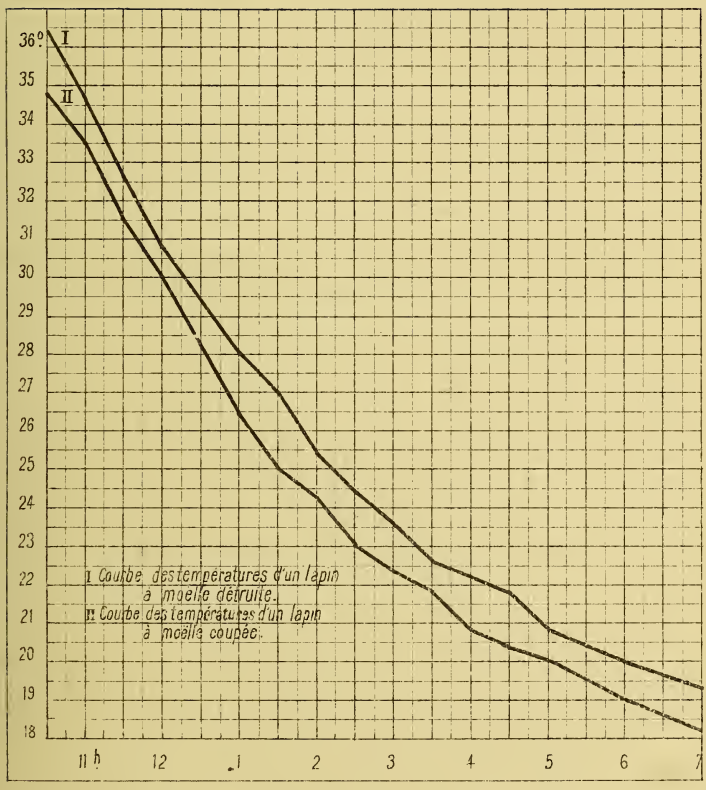
De la partie de la moelle cervicale indispensable au réchauffement du réveil ainsi qu'au maintien d'une température élevée et constante, s'échappent des filets sympathiques et des nerfs rachidiens dont nous allons maintenant étudier le rôle thermogénique.

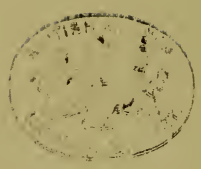
Dans l'expérience qui a fourni le graphique de la *planche 50*, le réchauffement aurait été aussi rapide et aussi complet que dans celle de la *planche 48*, si l'on n'avait pas pratiqué la section du sympathique droit entre le sixième et le septième ganglion thoracique. Ce fait fournissait déjà un indice du rôle que peut jouer le grand sympathique dans la colorification générale.

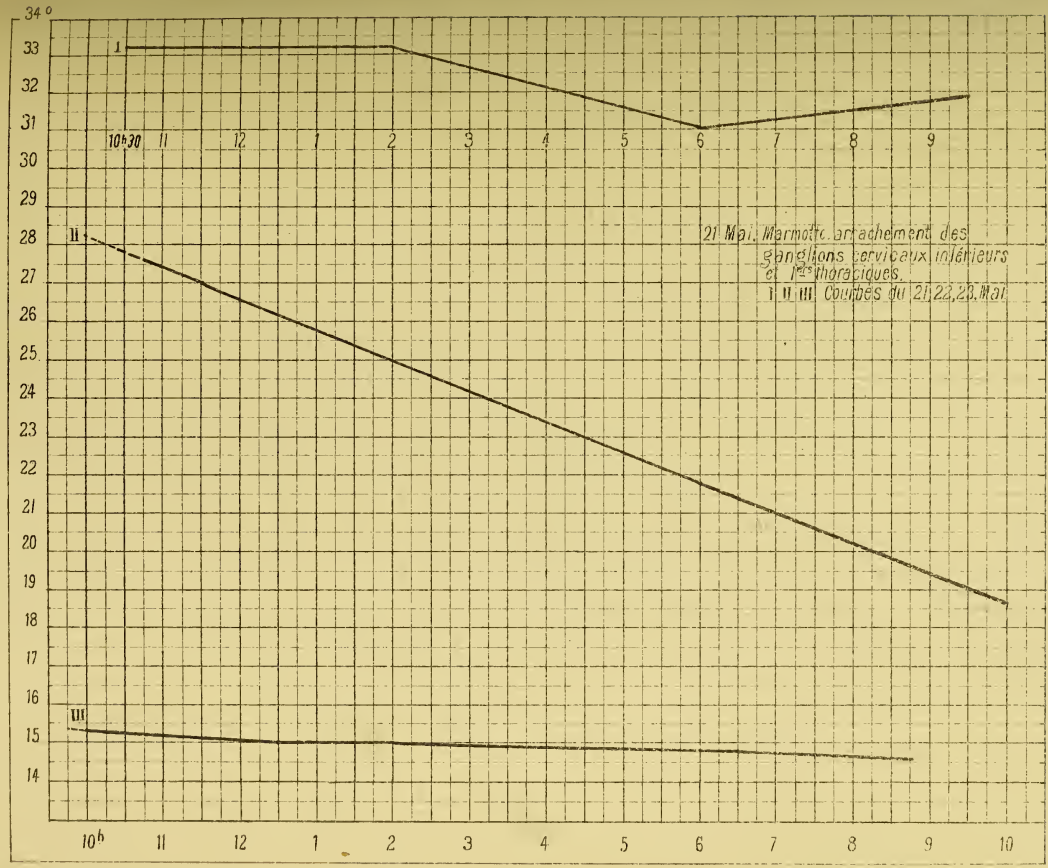
D'autre part, l'*arrachement des ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques* sur une Marmotte éveillée ayant 33 degrés, a amené, au bout de quelques heures, une hypothermie continue, laquelle s'est transformée en véritable torpeur, le deuxième jour qui a suivi l'opération *(planche 53)*.

De ces deux expériences, il ne faudrait pas conclure que c'est le système sympathique exclusivement qui est chargé de

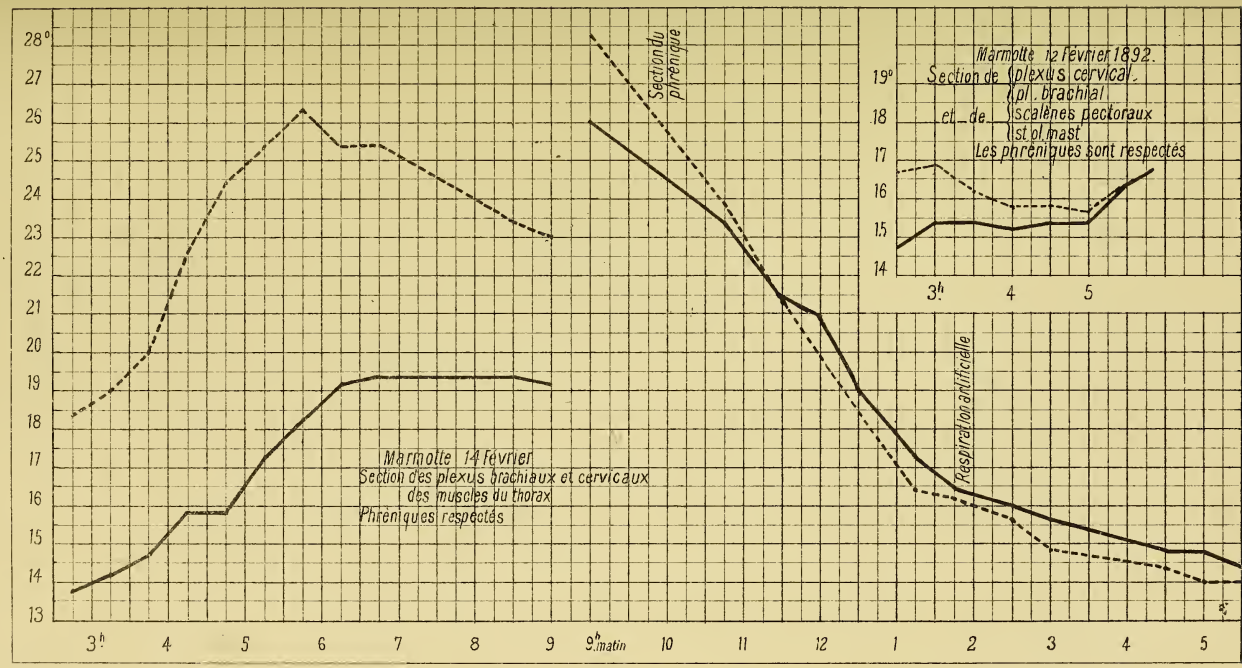
Pl. 52


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
I
II
I Courbe des températures d'un lapin à moelle détruite.
II Courbe des températures d'un lapin à moëlle coupée.
11 h
12
1
2
3
4
5
6
7

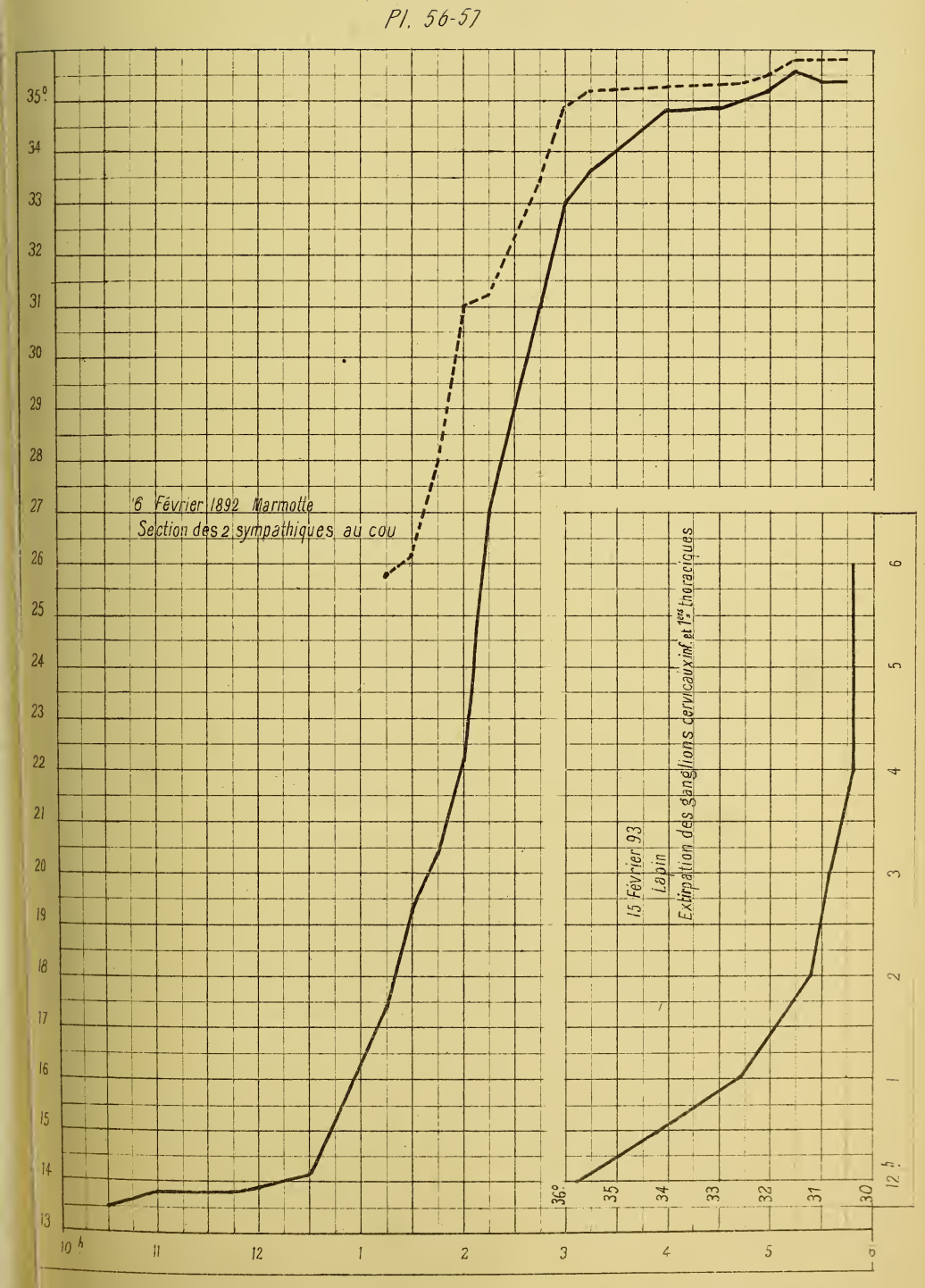


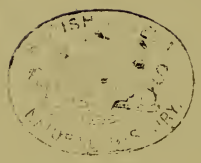

34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
I
II
III
10h30
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10h
10
21 Mai. Marmotte. arrachement des ganglions cervicaux inférieurs et 1es thoraciques.
I II III Courbes du 21, 22, 23. Mai.

BRITISH MUSEUM

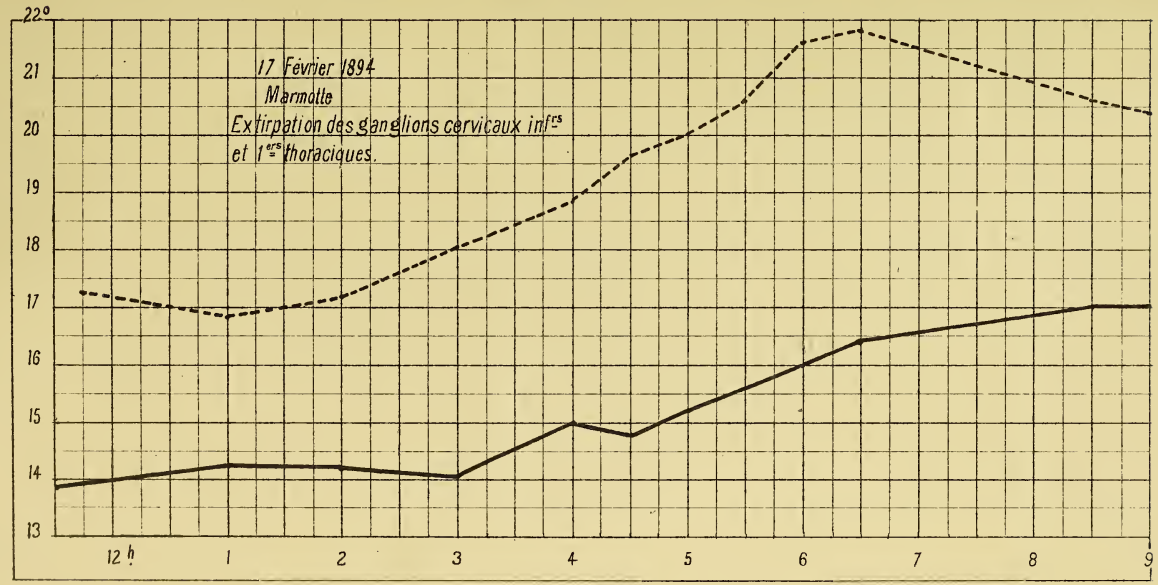

28°
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
3h
4
5
6
7
8
9
9h matin
10
11
12
1
2
3
4
5
Marmotte 14 février
Section des plexus brachiaux et cervicaux
des muscles du thorax
Phréniques respectés
Section du phrénique
Respiration artificielle
Marmotte 12 février 1892.
Section de plexus cervical
et de pl. brachial
scalènes pectoraux
st pl. mast
Les phréniques sont respectés
19°
18
17
16
15
14
3h
4
5

Pl. 56-57

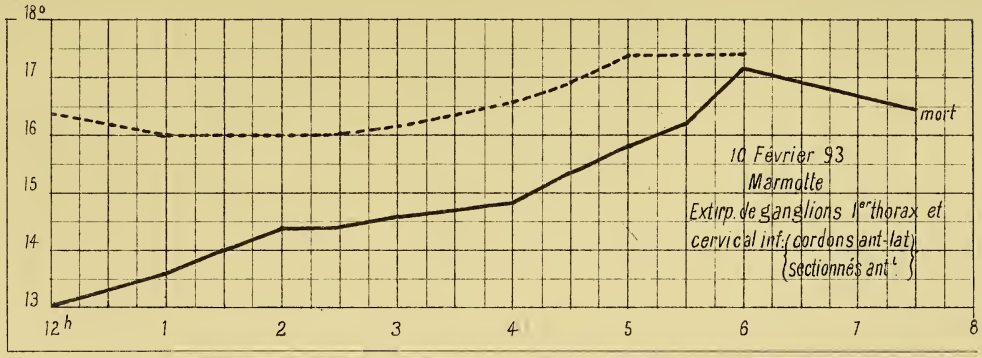

6 Février 1892 Marmotte
Section des 2 sympathiques au cou
15 Février 93
Lapin
Extirpation des ganglions cervicaux inf. et 1er 2 thoraciques
35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
10 h
11
12
1
2
3
4
5
6
36°
35
34
33
32
31
30
12 h
1
2
3
4
5
6



Pl. 58


22°
21
20
19
18
17
16
15
14
13
17 Février 1894
Marmotte
Extirpation des ganglions cervicaux inf^rs
et 1ers thoraciques.
12 h
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Pl. 59


18°
17
16
15
14
13
12h
1
2
3
4
5
6
7
8
mort
10 Février 93
Marmotte
Extirp. de ganglions 1er thorax et
cervical inf. (cordons ant-lat)
(sectionnés antt)

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY
LIBRARY

la thermogénèse. En effet, celui-ci étant respecté, ainsi que les nerfs phréniques, si on sectionne les plexus brachiaux et cervicaux avec les nerfs des principaux muscles thoraciques, on observe, après un faible réchauffement, une chute rapide de température, surtout dans la moitié antérieure du corps. L'hypothermie est beaucoup plus considérable encore quand on pratique, en outre, la section des nerfs phréniques, de façon à forcer l'animal à ne respirer qu'à l'aide des muscles intercostaux. Pourtant ce n'est pas parce que la ventilation est devenue insuffisante, car la respiration artificielle ne modifie nullement le résultat. (V. *planches 54 et 55).*

Analysons d'abord le rôle du système sympathique.

La *section des deux sympathiques, au cou*, n'a pas entravé le réchauffement *(planche 56).* Le lendemain de l'opération, l'animal était un peu somnolent ; quatre jours plus tard, il était engourdi avec une température de 16°6. Il y a eu ensuite des alternatives de réveil et de sommeil pendant un mois. Au bout de ce temps, l'animal n'offrant rien d'anormal, on a cessé l'observation.

L'*extirpation des ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques, chez le Lapin (planche 57)*, a amené une chute rapide de la température : l'hypothermie, ainsi provoquée, a persisté jusqu'à la mort.

L'*arrachement des ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques chez une Marmotte*, au début du réveil, a ralenti d'abord considérablement le réchauffement, pour le suspendre bientôt complètement ; puis, la température s'est abaissée et l'animal est mort en torpeur *(planche 58).*

La même opération, chez une autre Marmotte, en torpeur, qui avait eu, quelques jours avant, les cordons antérieurs et latéraux de la moelle sectionnés, a produit le même résultat *(planche 59).*

J'ai répété plusieurs fois l'arrachement des ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques, et j'ai toujours observé les mêmes effets quand l'extirpation avait été radicale.

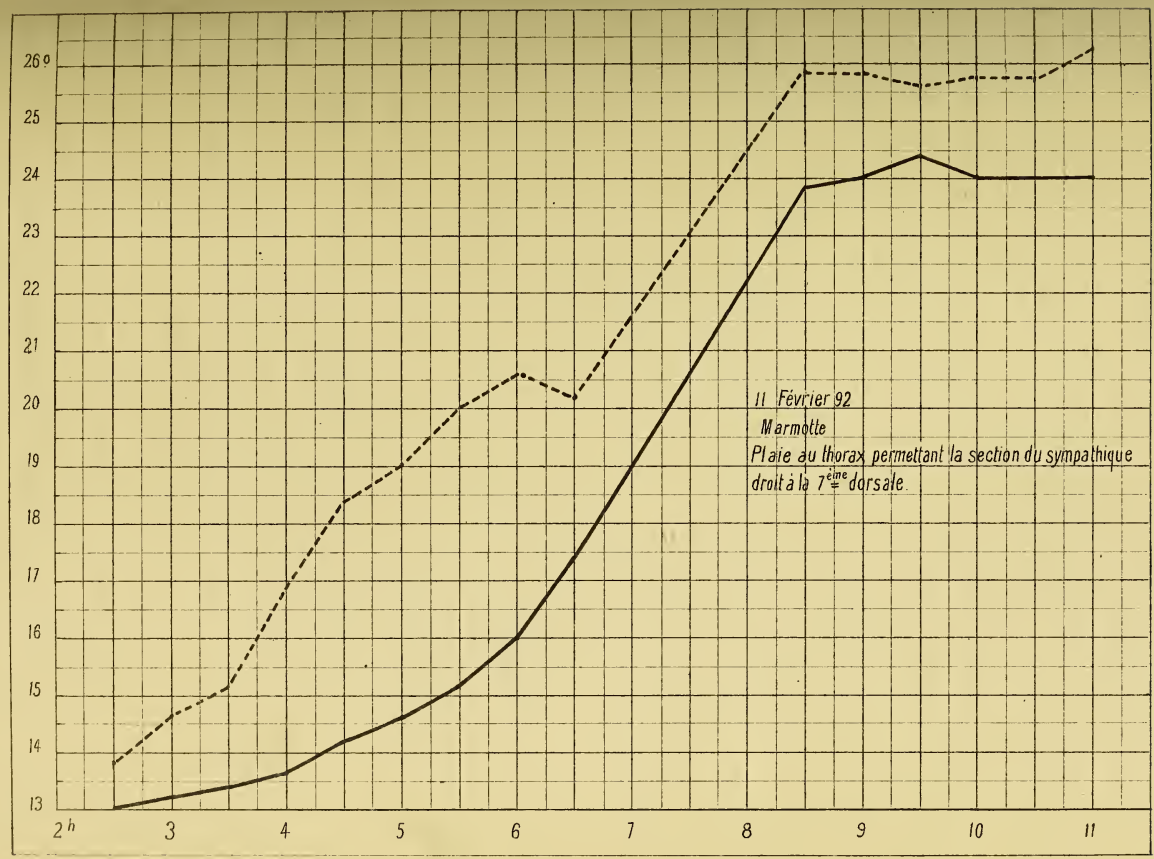
J'ai déjà dit que la section du sympathique droit, entre le sixième et le septième ganglion thoracique, avait ralenti le réchauffement. La *planche 60* montre que la section du sympathique droit, au niveau de la septième vertèbre dorsale, a provoqué le même effet. Le réchauffement a été non seulement ralenti, mais encore incomplet.

L'*excitation du sympathique dans la région thoracique*, au moyen de deux aiguilles traversées par un courant faradique, a été, au contraire, accompagnée d'un réchauffement accéléré. Au début, il y avait eu augmentation anormale du nombre des mouvements respiratoires, mais celle-ci a disparu très vite *(planche 63)*.

La *section des deux nerfs splanchniques dans l'abdomen* a été pratiquée chez une Marmotte en torpeur depuis six jours *(planche 62)*. La respiration n'a rien présenté de particulier et il y a eu des trémulations musculaires. Le réchauffement s'est fait assez rapidement dans la bouche : il a été retardé dans le rectum, puis il s'est produit une légère chute de la température. Dans la soirée, il y avait 29 degrés dans la bouche et 27 degrés dans le rectum. Le réchauffement a donc été incomplet. Le lendemain, l'animal avait 28 degrés dans le rectum et le surlendemain 15 degrés. Il est mort au bout de quatre jours. A l'autopsie, les intestins étaient médiocrement vascularisés, le foie de couleur foncée. Le tube digestif renfermait une assez grande quantité de liquide qui était brunâtre dans l'estomac et clair dans l'intestin.

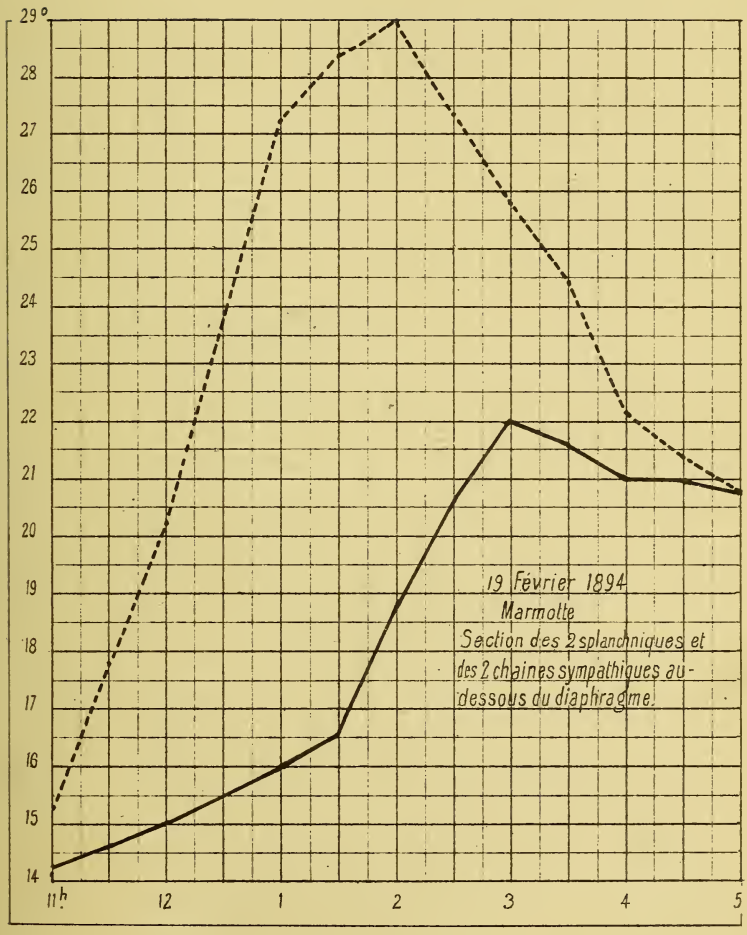
La *section simultanée des deux nerfs splanchniques et des deux cordons sympathiques,* au-dessous du diaphragme, chez une autre Marmotte engourdie, a produit un résultat plus significatif. Après un réchauffement assez rapide, mais incomplet, surtout dans la partie postérieure du corps, causé probablement par l'excitation opératoire, il y a eu une chute brusque de la température *(planche 61)*.

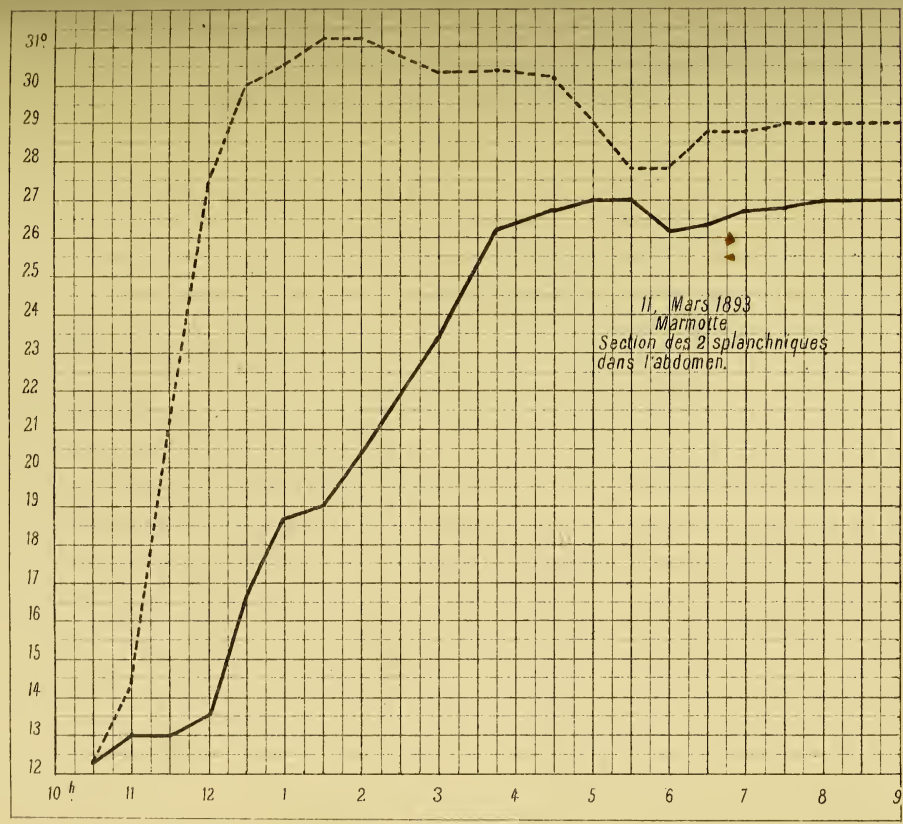
J'ai fait également la *section des deux nerfs splanchniques à leur entrée dans les ganglions semi-lunaires droit et gauche*


26°
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
2h
3
4
5
6
7
8
9
10
11
11 Février 92
Marmotte
Plaie au thorax permettant la section du sympathique
droit à la 7ème dorsale.

FISHER

Pl. 61.


29°
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
11h
12
1
2
3
4
5
19 Février 1894
Marmotte
Section des 2 splanchniques et
des 2 chaines sympathiques au-
dessous du diaphragme.


31°
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
10 h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
11. Mars 1893
Marmotte
Section des 2 splanchniques
dans l'abdomen.

BRITISH MUSEUM

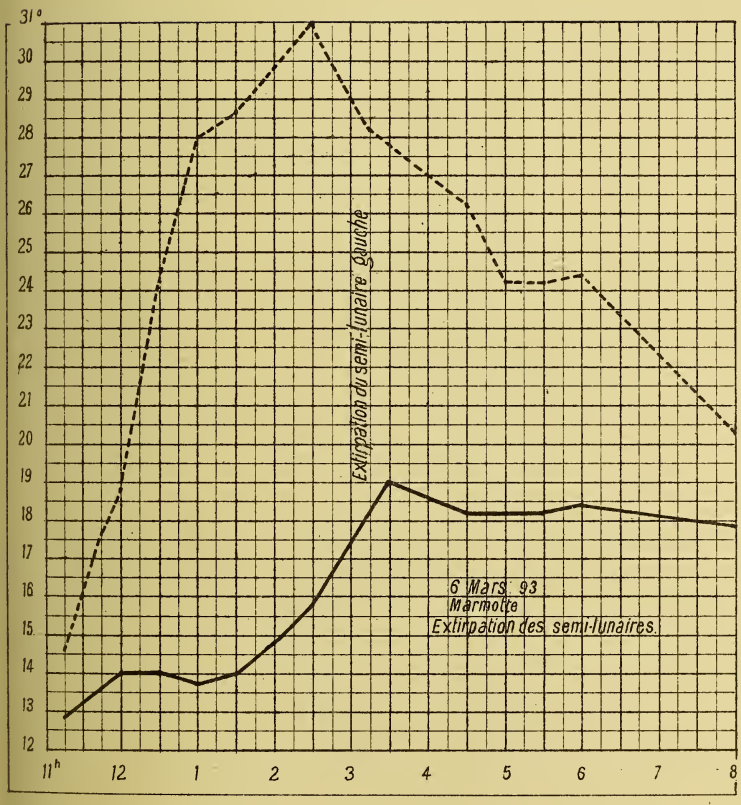
12 Février 92

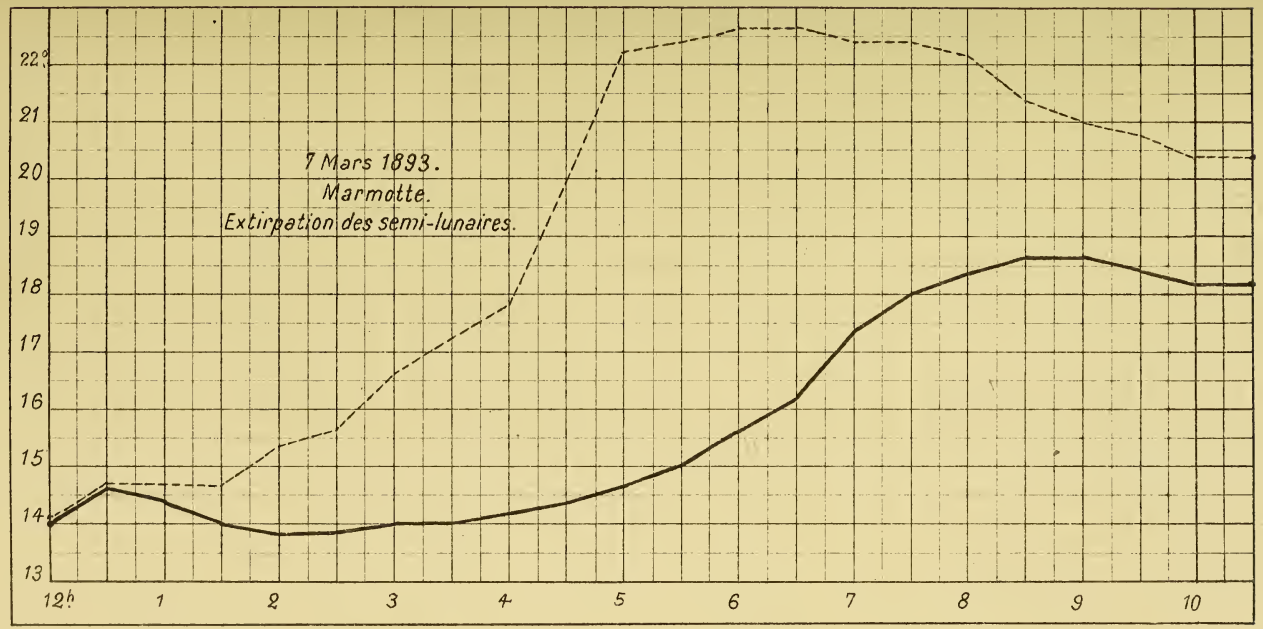
Marmotte.

Excitation du sympathique droit (région thoracique).

Pl. 63

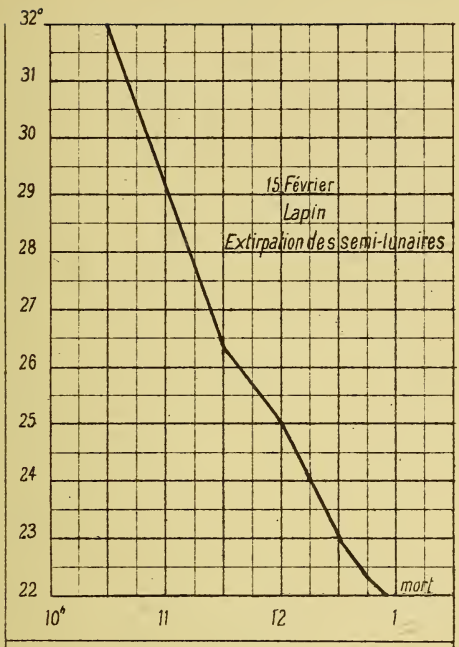
Pl. 64.


31°
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
Extirpation du semi-lunaire gauche
6 Mars 93
Marmotte
Extirpation des semi-lunaires.

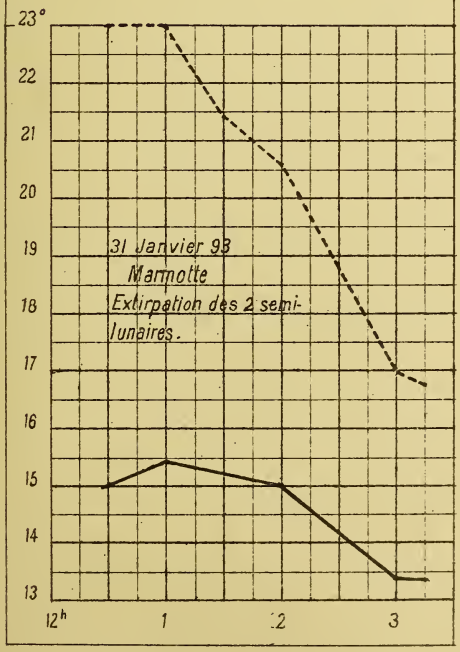

7 Mars 1893.
Marmotte.
Extirpation des semi-lunaires.
22°
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12h
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

BRISTOL & CO.
MAINE

Pl. 66.


32°
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
15 Février
Lapin
Extirpation des semi-lunaires
mort
10h
11
12
1

Pl. 67.


23°
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
31 Janvier 93
Marmotte
Extirpation des 2 semi-
lunaires.
12h
1
2
3

ISFTM

et des deux chaînes sympathiques au-dessous du diaphragme, chez une autre Marmotte engourdie depuis quatre jours. La courbe des températures a offert dans son ensemble beaucoup d'analogie avec celle de la planche 61. Le nombre des mouvements respiratoires s'est élevé de 10 à 28, pour redescendre de 28 à 14 pendant la période de refroidissement.

L'*extirpation des ganglions semi-lunaires chez un Lapin (planche 66)* a été suivie d'un abaissement de la température rectale de 10 degrés en deux heures et demie. La mort est survenue à la température de 22 degrés. L'animal avait eu de la diarrhée et le nombre des mouvements respiratoires était tombé de 32 à 6. A l'autopsie, on a trouvé les viscères abdominaux vascularisés.

L'*opération ci-dessus, pratiquée sur une Marmotte éveillée (planche 70),* a produit les mêmes résultats que sur le Lapin : la température buccale s'est abaissée, en deux heures, de 32 à 27 degrés et celle du rectum de 27 à 24°6.

L'animal a rendu des excréments diarrhéiques contenant de la bile : il a vomi un liquide clair et acide. Une demi-heure après l'opération, on a relevé les températures suivantes :

	Rectum	Bouche	Œsophage	Foie
4 heures.	26°4	29°8	31°9	32°4
4 h. 30.	26,	28,4	31,	31,6
5 heures.	25,6	27,6	28,	29,6

La température du foie s'est montrée toujours supérieure à celle de l'œsophage.

A l'autopsie, l'estomac contenait de la bile et les intestins étaient très vascularisés.

L'*extirpation des ganglions semi-lunaires* a été faite sur une autre Marmotte, dont la température était encore assez élevée, puisqu'elle avait 23 degrés dans la bouche et 15 degrés dans le rectum. L'abaissement de la température a été immédiat et rapide *(planche 67)*.

L'*extirpation simultanée des ganglions semi-lunaires* chez

une Marmotte dormant depuis sept jours et ayant au début de l'opération 11 degrés dans le rectum et 11°8, dans la bouche a été suivie d'abord d'une élévation très lente et d'un réchauffement très incomplet de l'animal. Après être restée stationnaire pendant quelque temps, la température a commencé à baisser après l'opération ; la respiration était faible et irrégulière : elle avait le type abdominal. Son rythme s'est élevé de huit à quarante-six mouvements par minute, jusqu'à la fin du réchauffement, pour redescendre, vers la fin du refroidissement, à 14 degrés.

L'animal a eu, au début, des trémulations et pendant toute l'observation s'est montré très agité. On a noté que l'*excitation faradique des semi-lunaires*, lorsqu'elle est faible, provoque une légère accélération respiratoire et, quand elle est forte, un arrêt respiratoire, en expiration.

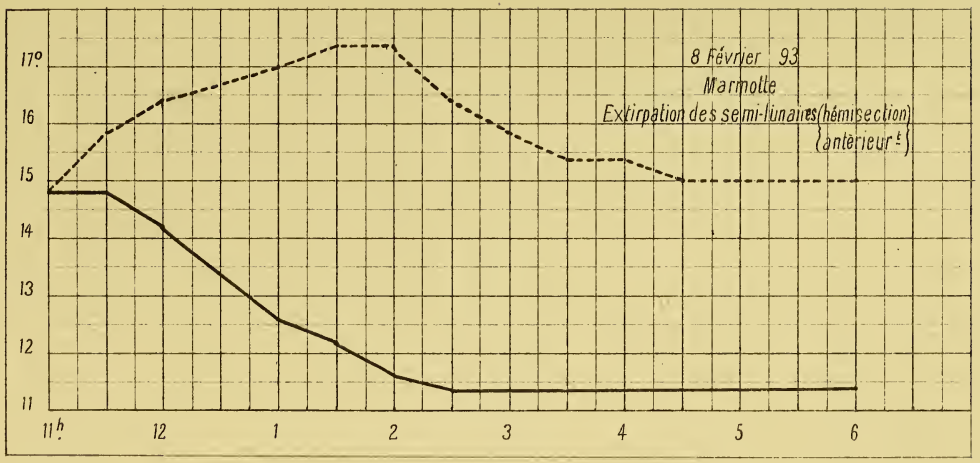
Le lendemain, la Marmotte avait 14 degrés dans la bouche et 13°4 dans le rectum.

La mort, qui a eu lieu dans la soirée du second jour, a été précédée d'arrêts respiratoires. A l'autopsie l'intestin médiocrement vascularisé était rempli d'un liquide clair, jaunâtre et l'estomac d'une liqueur brunâtre ; le foie était muscade (V. *planche 65)*.

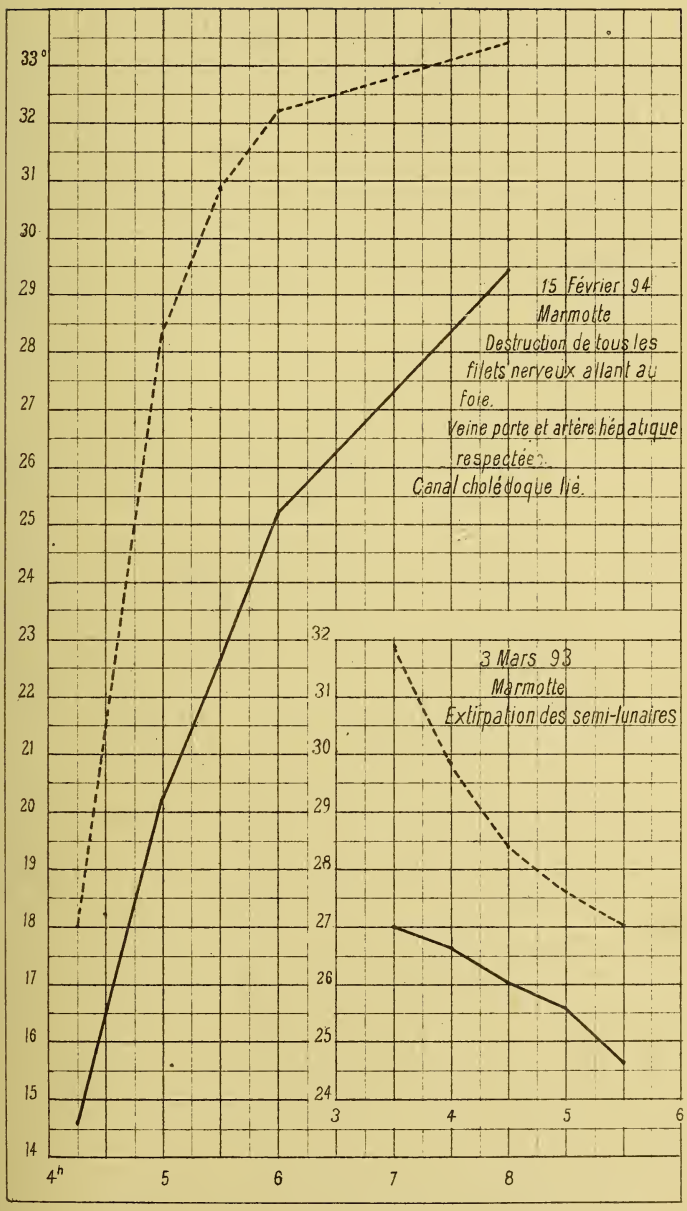
J'ai pratiqué *l'extirpation successive des ganglions semi-lunaires* chez une autre Marmotte en torpeur *(planche 64)*. Comme dans le cas précédent, il y a d'abord eu un commencement de réchauffement plus accentué dans la bouche que dans le rectum, suivi d'une chute de température également plus prononcée dans la bouche. L'extirpation du ganglion semi-lunaire gauche n'a été faite que tardivement, alors que la température buccale commençait déjà à baisser, ce qui montre que cette dernière opération n'était pas indispensable pour produire l'hypothermie, au moins dans la partie antérieure du corps.

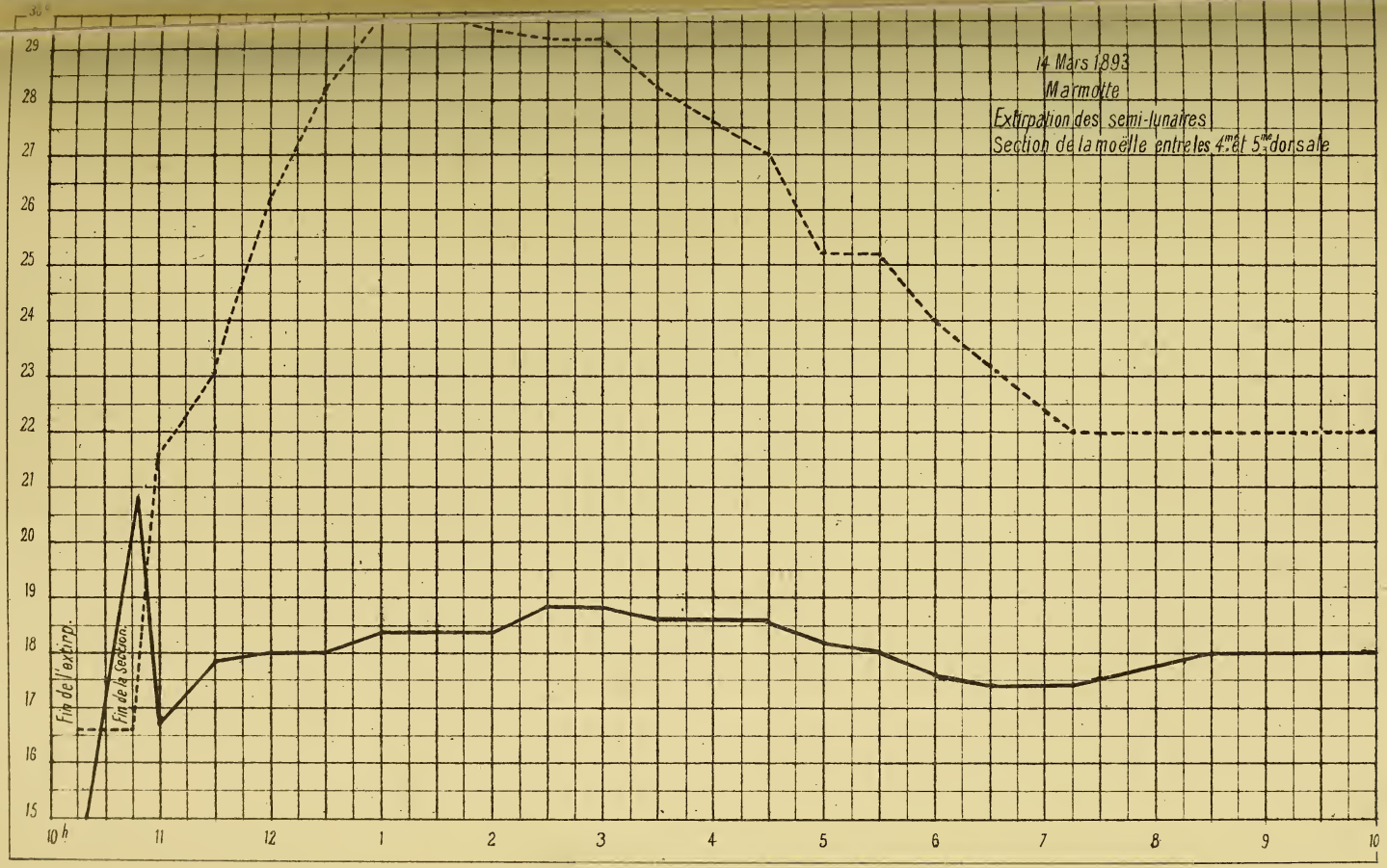
Dans cette expérience également, on a noté des troubles respiratoires, de la diarrhée. A l'autopsie, on a trouvé une vascularisation modérée de l'intestin et de la bile dans l'estomac.

Pl. 68

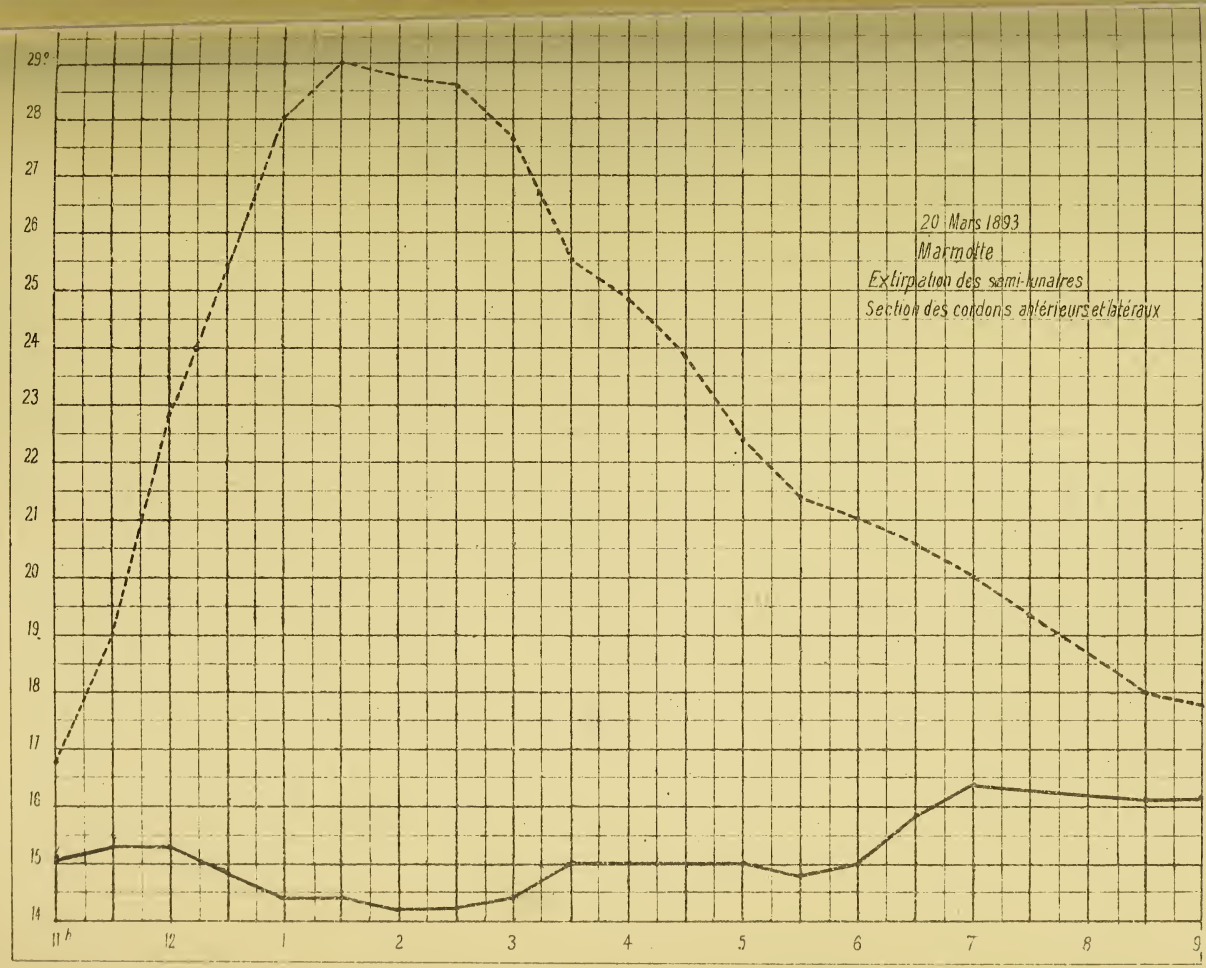

8 Février 93
Marmotte
Extirpation des semi-lunaires (hémisection)
(antérieur.t)
17°
16
15
14
13
12
11
11h
12
1
2
3
4
5
6

SMITHSONIAN INSTITUTION
LIBRARY


33°
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
4h
5
6
7
8
15 Février 94
Marmotte
Destruction de tous les filets nerveux allant au foie.
Veine porte et artère hépatique respectées.
Canal cholédoque lié.
32
31
30
29
28
27
26
25
24
3
4
5
6
3 Mars 93
Marmotte
Extirpation des semi-lunaires


14 Mars 1893
Marmotte
Extirpation des semi-lunaires
Section de la moëlle entre les 4.me et 5.me dorsale
Fin de l'extirp.
Fin de la section.
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
10 h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

ISH MUSEUM
LIBRARY


20 Mars 1893
Marmotte
Extirpation des semi-lunaires
Section des cordons antérieurs et latéraux
29°
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9

[illegible]

La *destruction des ganglions semi-lunaires, chez une Marmotte ayant subi l'hémisection des cordons antérieurs et latéraux (planche 72)*, a donné une courbe de température offrant une grande analogie avec celle de la planche 65. Toutefois, la température rectale est restée stationnaire pendant que celle de la bouche s'élevait assez rapidement au début : il y a eu une sorte de dissociation, comme si le sang échauffé dans la partie antérieure ne pénétrait qu'en petite quantité dans la partie postérieure. Cependant, le lendemain, l'animal avait une température de 14 degrés dans la bouche et de 13°6 dans le rectum, avec deux à trois respirations à la minute. Son aspect était celui d'une Marmotte endormie normalement; mais on observait, malgré le sommeil et l'hypothermie, des trémulations musculaires. Les respirations étaient peut-être un peu plus profondes que dans la torpeur sans lésions et exclusivement diaphragmatiques. Les membres, surtout les postérieurs, avaient conservé une certaine tonicité.

Le surlendemain, l'animal avait absolument l'attitude du sommeil normal, sauf qu'il existait des trémulations musculaires au moment des inspirations. La température buccale était de 13°4. La mort est survenue trois jours après l'opération.

La courbe de la *planche 72* est presque identique à celle de la planche 71 qui a été fournie par une Marmotte en sommeil depuis sept jours, à laquelle on avait, en même temps, fait subir l'*extirpation des ganglions semi-lunaires et la section de la moelle entre la quatrième et la cinquième vertèbre dorsale.* La partie postérieure et centrale de la moelle, située au delà de cette section, n'a donc eu aucune influence dans les résultats fournis par l'expérience précédente. A 11 heures la respiration était ample et régulière, avec 16 mouvements par minute; à 1 heure, il y avait 20 mouvements, mais complètement abdominaux; à 3 heures, ils avaient conservé le même type, mais étaient plus faibles; à 7 heures, on comptait 12 respirations par minute, régulières mais faibles.

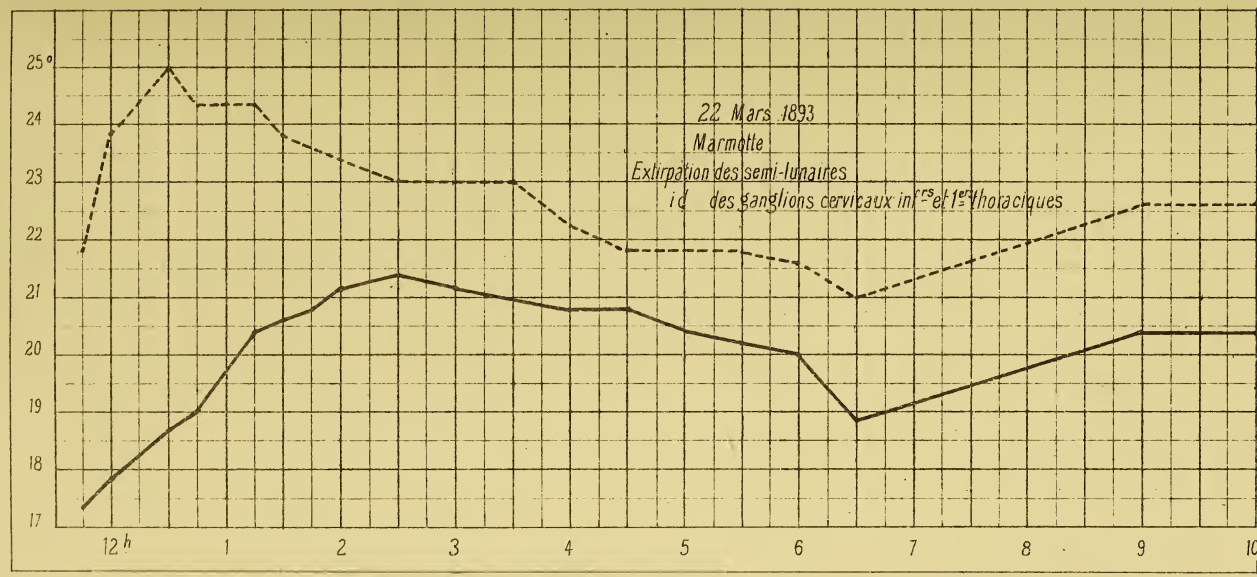
Le lendemain, l'animal avait dans la bouche 16 degrés et dans le rectum, 14°4.

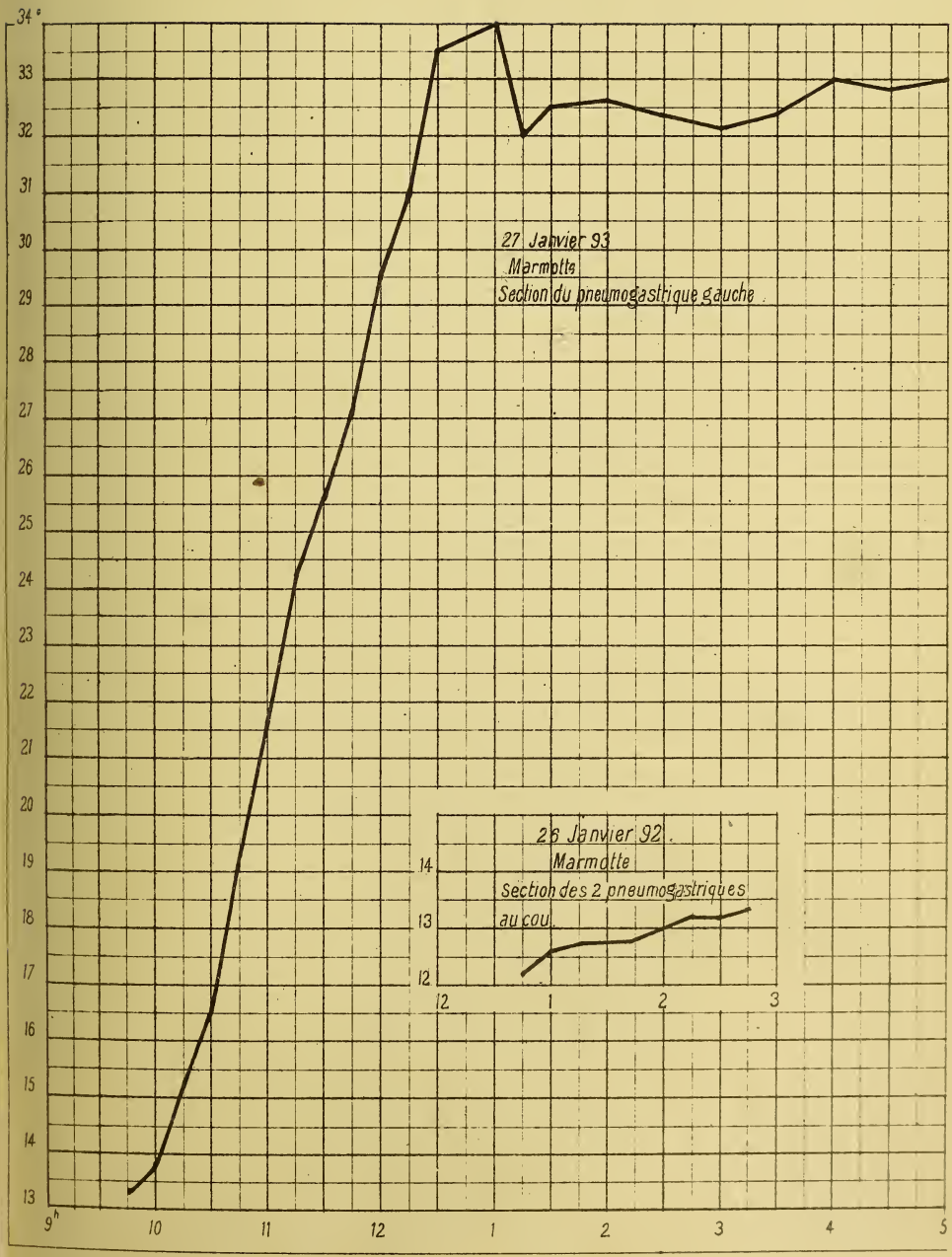
La *suppression simultanée des ganglions cervicaux inférieurs, premiers thoraciques et semi-lunaires (planche 73)*, n'a fait qu'accentuer l'importance primordiale de ces organes dans la thermogénèse générale.

A part le commencement de réchauffement du début, probablement dû à l'excitation opératoire, il y a eu d'abord hypothermie, puis arrêt de la calorification, bien que l'animal se soit agité pendant toute l'expérience et qu'il ait eu des trémulations de toute la partie antérieure du corps, précédant l'inspiration ou bien s'exagérant au moment des mouvements respiratoires. Ceux-ci ont toujours été peu nombreux : 12, 8, 3, 1, 3, 8 par minute.

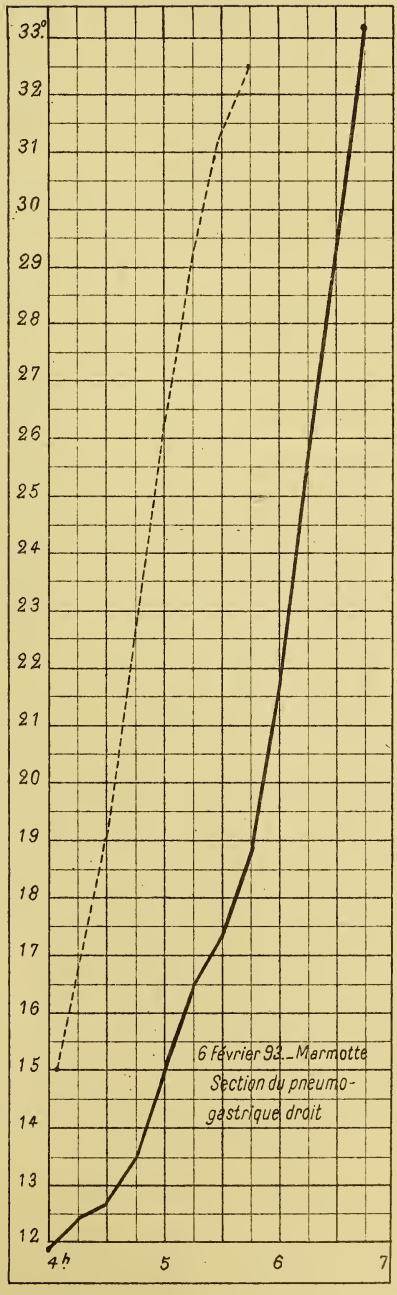
La *destruction de tous les filets nerveux se rendant au foie* a été pratiquée sur une Marmotte, en torpeur, chez laquelle le canal cholédoque avait été lié, mais dont la veine porte et l'artère hépatique avaient été respectées *(planche 69)*. Le réchauffement de la partie antérieure du corps surtout, a été très rapide L'animal était encore éveillé et bien portant huit jours après l'opération, mais il avait de l'ictère ; les conjonctives étaient jaunes. En voulant lui faire une fistule biliaire, le contenu de la vésicule s'est échappé dans le péritoine et la mort a été très rapide. Cette expérience montre nettement que ce n'est pas par les filets envoyés dans le foie par les ganglions semi-lunaires que ces derniers agissent sur la calorification, mais bien par une action indirecte sur la circulation viscérale.

La *section d'un des nerfs pneumogastriques au cou*, soit du *côté gauche (planche 74)*, soit du *côté droit (planche 76)*, a donné des résultats très analogues. Dans les deux expériences, le réchauffement a été accéléré et les Marmottes, après être restées éveillées pendant plusieurs jours, ont eu des alternatives de sommeils prolongés et de réveils. La section d'un seul pneumogastrique, chez la Marmotte en torpeur, est toujours suivie d'une accélération du cœur.

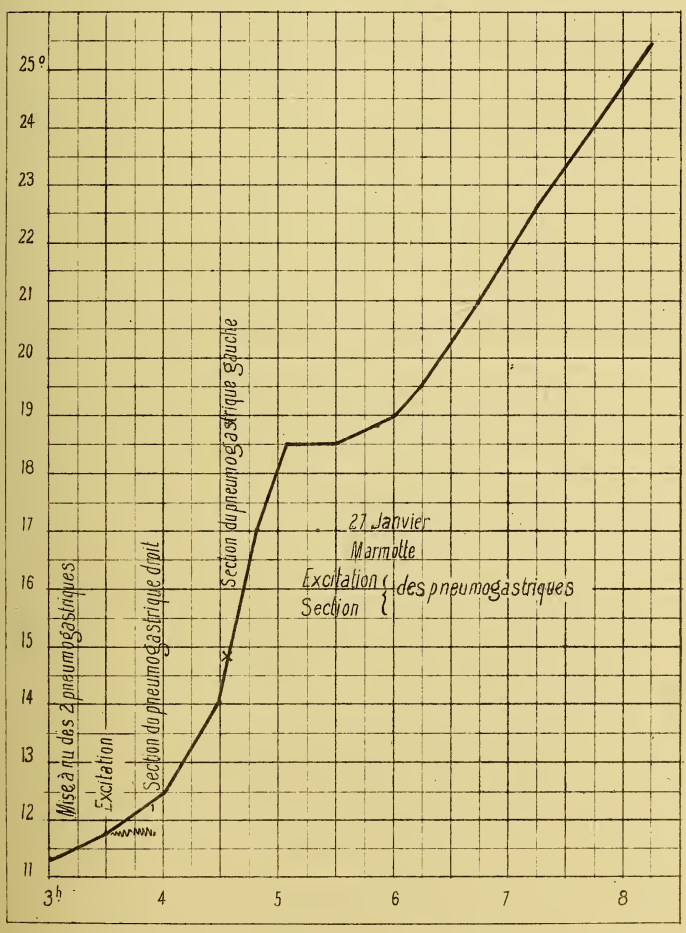

25°
24
23
22
21
20
19
18
17
12h
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
22 Mars 1893
Marmotte
Extirpation des semi-lunaires
id des ganglions cervicaux inf.rs et 1er thoraciques


34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
9h
10
11
12
1
2
3
4
5
27 Janvier 93
Marmotte
Section du pneumogastrique gauche
26 Janvier 92.
Marmotte
Section des 2 pneumogastriques
au cou.
14
13
12
12
1
2
3

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

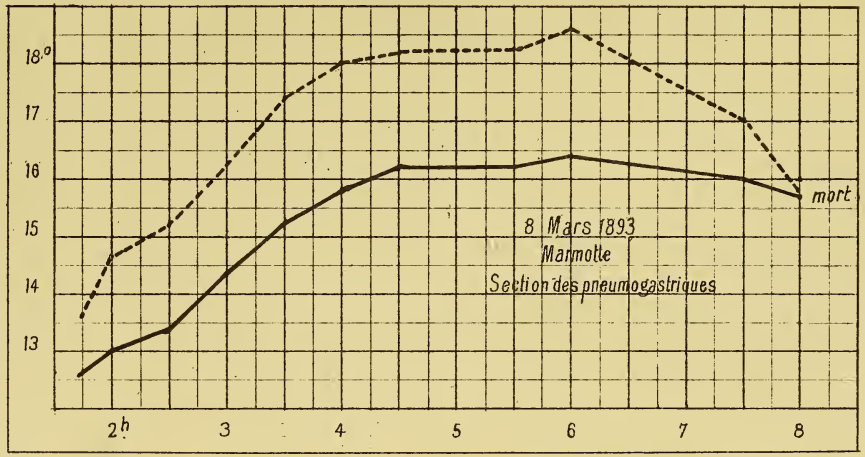

33°
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
4h
5
6
7
6 Février 93. – Marmotte
Section du pneumo-
gastrique droit

MUSEUM
LIBRARY

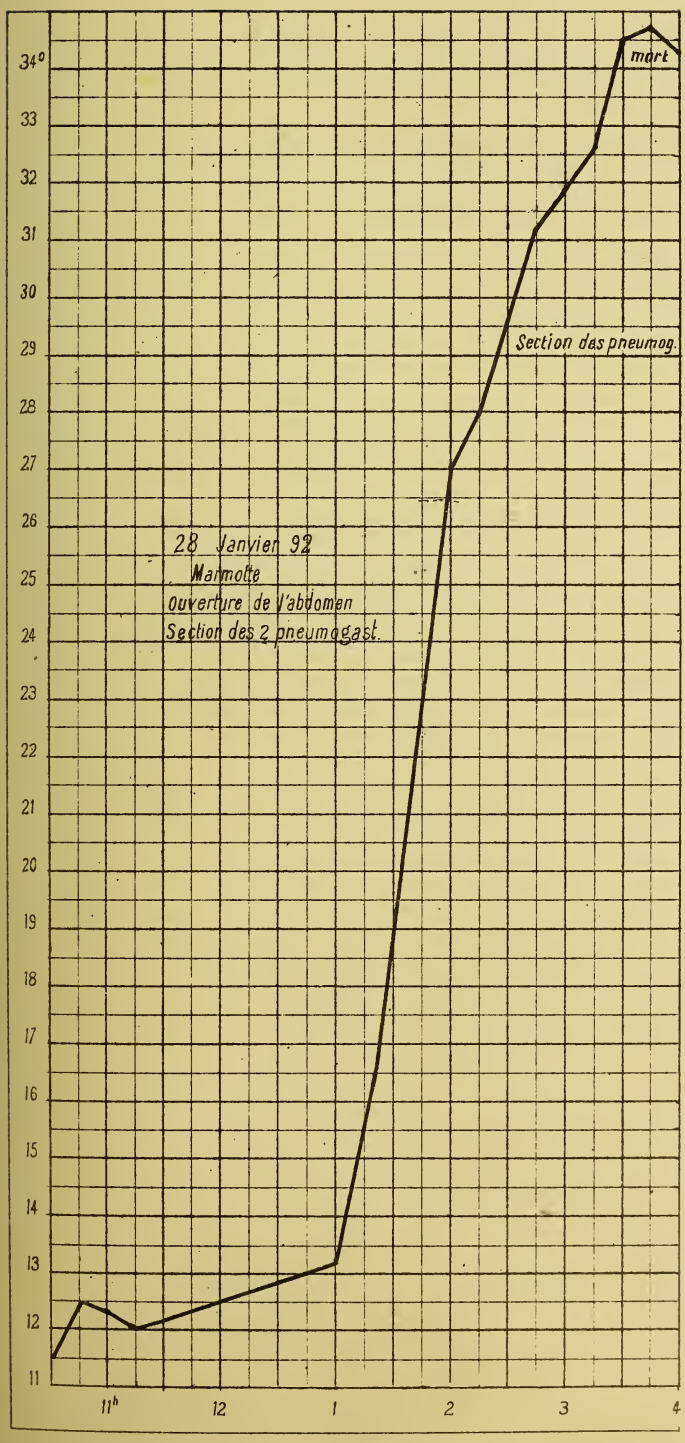

25°
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
3h
4
5
6
7
8
Mise à nu des 2 pneumogastriques
Excitation
Section du pneumogastrique droit
Section du pneumogastrique gauche
27 Janvier
Marmotte
Excitation
Section
des pneumogastriques

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 78.


18.°
17
16
15
14
13
2h
3
4
5
6
7
8
mort
8 Mars 1893
Marmotte
Section des pneumogastriques

Pl. 79.


34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
11h
12
1
2
3
4
mort
Section des pneumog.
28 Janvier 92
Marmotte
Ouverture de l'abdomen
Section des 2 pneumogast.

L'*excitation des deux pneumogastriques* et leur *section pratiquée successivement* a donné les résultats inscrits dans la *planche 77*.

Une excitation faradique avec le n° 4, 5 de la bobine Dubois-Reymond, a provoqué sur une Marmotte, dont la température rectale était de 11°8, un arrêt du cœur ; tandis qu'une excitation moins forte augmentait l'amplitude des battements du cœur. Les excitations semblent avoir plutôt ralenti le réchauffement.

La température étant de 12°4, on coupe le pneumogastrique droit : le réchauffement s'accélère un peu. L'excitation prolongée du pneumogastrique gauche ne modifie pas sensiblement la courbe. L'excitation faradique du bout central du pneumogastrique droit a provoqué, au début, un petit arrêt respiratoire et augmenté le nombre des battements du cœur. La section du pneumogastrique gauche ayant été pratiquée à la température de 14° 8, trois quarts d'heure environ après celle du côté droit, le réchauffement a continué à se faire rapidement jusqu'à 18°5, puis il y a eu un arrêt et un ralentissement après lesquels la température s'est élevée de 6 degrés en deux heures. L'animal est mort avec des phénomènes asphyxiques trois heures et demie après la section du deuxième pneumogastrique.

Dans un autre cas, on a coupé simultanément les deux pneumogastriques au cou d'une Marmotte qui était en grande partie réchauffée. Le réchauffement s'est achevé assez rapidement, mais la Marmotte a succombé une heure et demie après la section, avec un léger abaissement de la température *(planche 79)*. L'abdomen avait été ouvert pour voir si la section cervicale n'entraînait pas de modifications vasculaires, mais on n'a rien noté de particulier.

La *section simultanée des deux nerfs pneumogastriques* au cou, chez les Marmottes en torpeur, est ordinairement suivie d'une mort rapide, causée par des mucosités qui encombrent les voies respiratoires et amènent un état asphyxique empêchant le réchauffement : c'est ce que montre le graphique de la *planche 75*.

Dans un cas, la survie a pu être prolongée pendant plus de six heures avec le secours de la respiration artificielle *(planche 78)*.

Il y a eu un commencement de réchauffement suivi de chute de la température et la mort est survenue par asphyxie.

Les Marmottes froides résistent moins facilement à la double section que celles qui sont éveillées : quand il y a hypothermie, elle n'est jamais considérable et due uniquement à la difficulté des échanges respiratoires.

La *section des nerfs pneumogastriques au-dessous du diaphragme*, pratiquée en même temps que celle de l'œsophage sur une Marmotte en torpeur *(planche 80)*, a été suivie d'un réchauffement rapide de tout le corps. A la fin de celui-ci, on a trouvé que le sang artériel contenait, pour 1000 grammes, $2^{gr}890$ de sucre et le foie $4^{gr}292$. Il n'y avait pas de sucre dans les muscles.

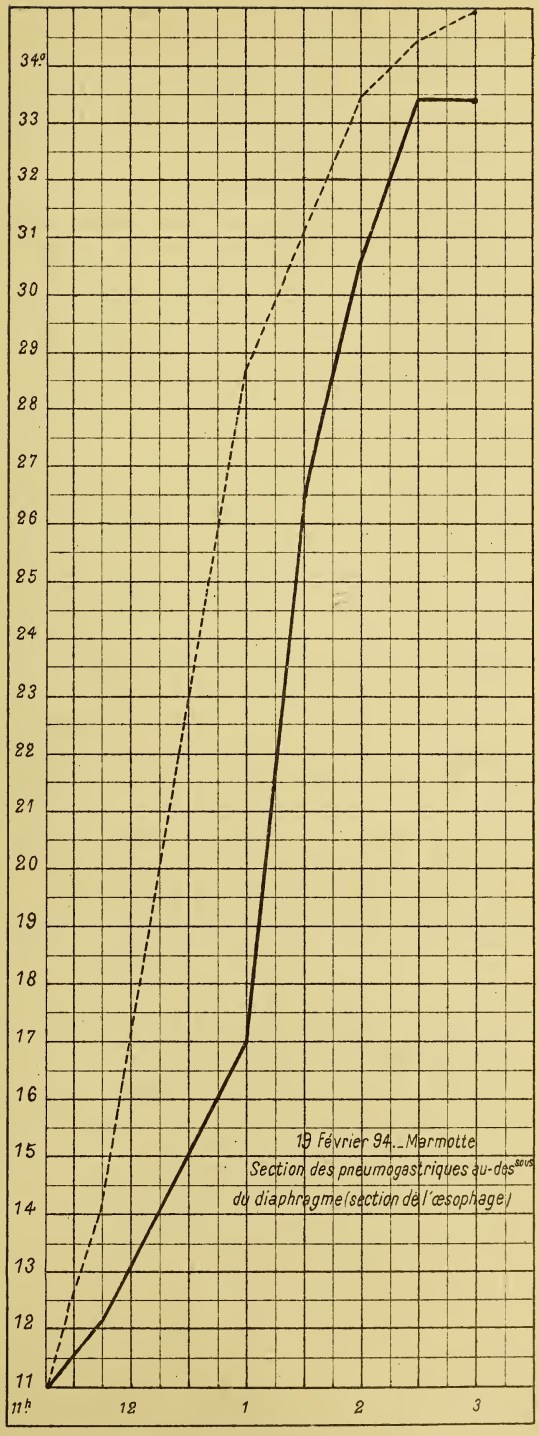
Chez une autre Marmotte encore, on a pratiqué la section de l'œsophage et des pneumogastriques au-dessous du diaphragme. L'animal était dans son sixième jour de sommeil; il a eu des trémulations s'étendant jusqu'aux muscles du thorax et un réchauffement très rapide *(planche 81)*. Mais l'*excitation du bout périphérique des pneumogastriques au-dessous du diaphragme* a amené deux petits arrêts successifs de la calorification.

Les nerfs pneumogastriques peuvent donc jouer le rôle de nerfs phrénateurs de la calorification.

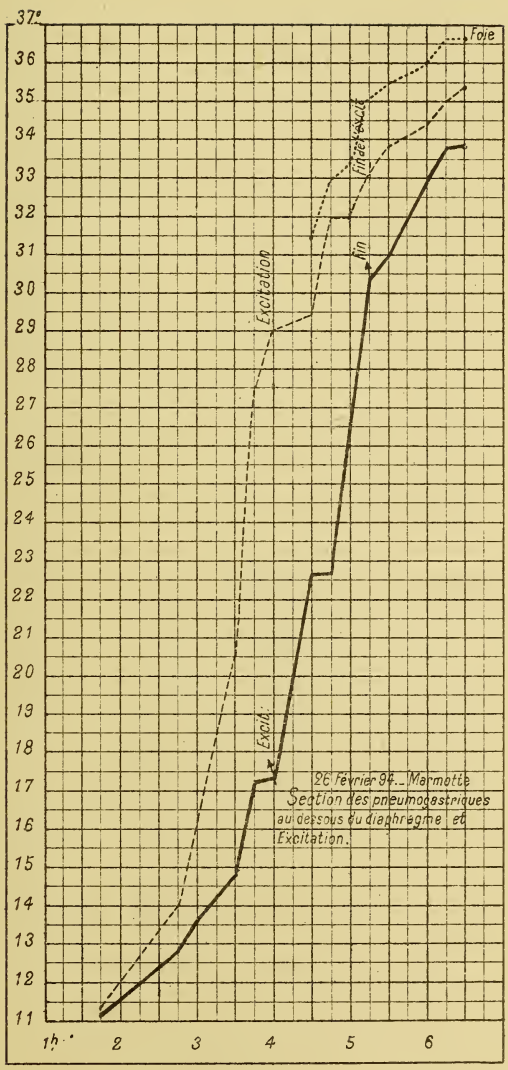
A la fin du réchauffement, on a trouvé que le foie avait une température plus élevée que la bouche : il contenait pour 1000 grammes $3^{gr}357$ de sucre et le sang artériel en renfermait $2^{gr}807$.

Chez une Marmotte en torpeur, j'ai pratiqué la *double section des nerfs splanchniques et de la chaîne sympathique, au-dessous du diaphragme, suivie de celle des pneumogastriques au même niveau.*

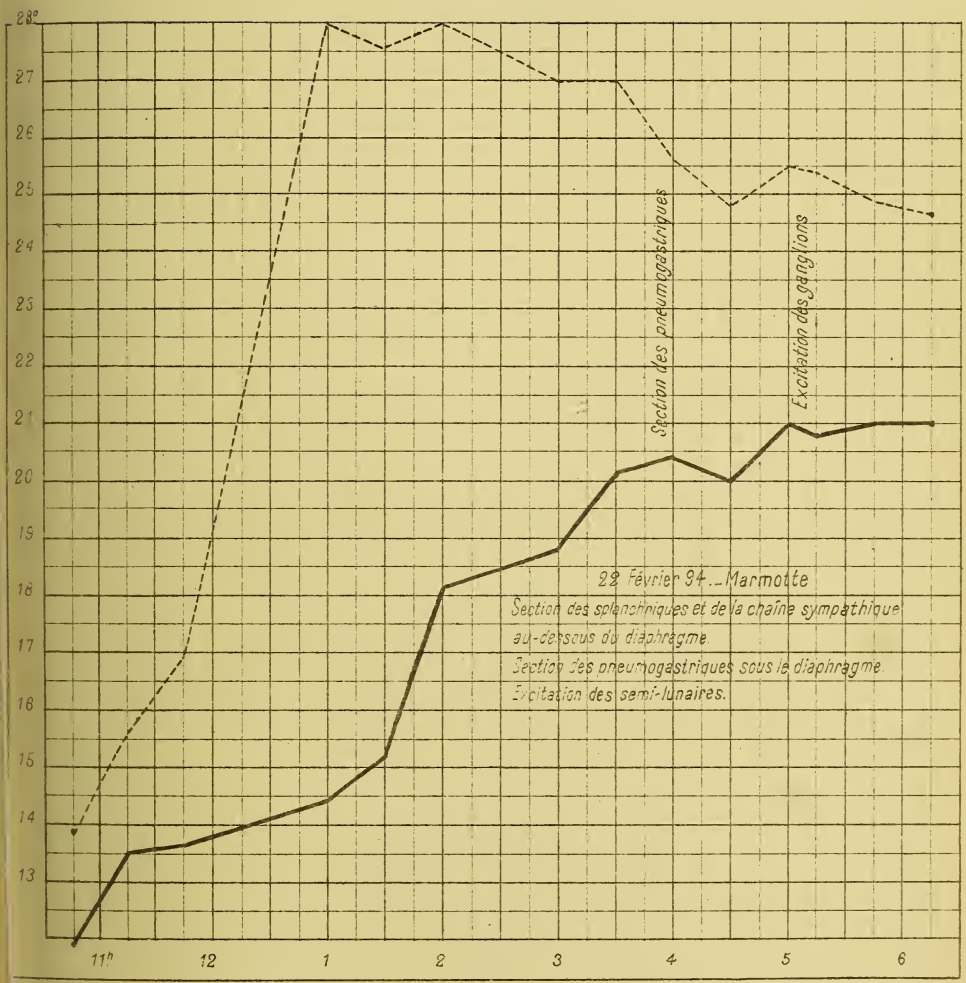
Après la section des splanchniques et des sympathiques, il y a


34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
11h
12
1
2
3
19 Février 94. Marmotte
Section des pneumogastriques au-dessous
du diaphragme (section de l'œsophage)

Pl. 81.

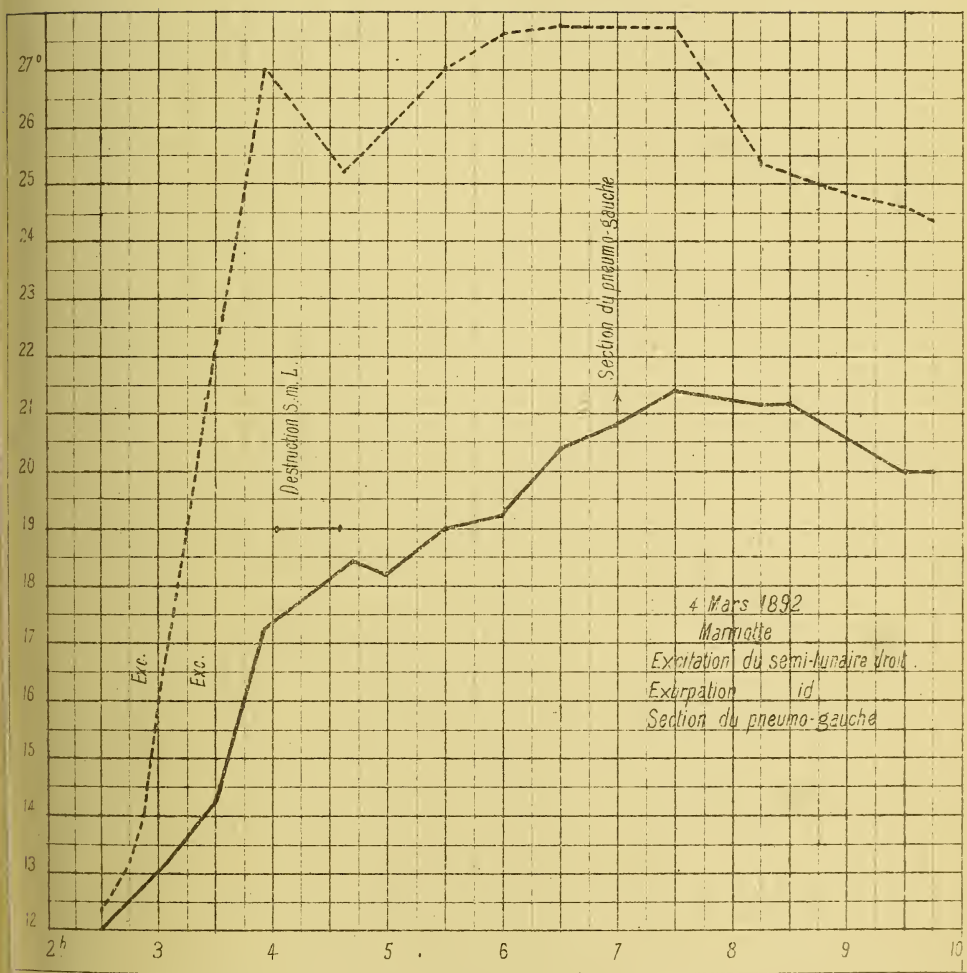

37°
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
1h
2
3
4
5
6
Foie
Fin de excit.
Fin
Excitation
Excit.
26 février 94.— Marmotte
Section des pneumogastriques
au dessous du diaphragme et
Excitation.

NATURAL HIST


28°
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
11h
12
1
2
3
4
5
6
Section des pneumogastriques
Excitation des ganglions
22 Février 94 _ Marmotte
Section des splanchniques et de la chaîne sympathique au-dessous du diaphragme.
Section des pneumogastriques sous le diaphragme.
Excitation des semi-lunaires.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HIS

Pl. 83.


27°
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
2h
3
4
5
6
7
8
9
10
Exc.
Exc.
Destruction S.m.L.
Section du pneumo-gauche
4 Mars 1892
Marmotte
Excitation du semi-lunaire droit.
Extirpation id.
Section du pneumo-gauche

NATURAL HIST.

eu un commencement de réchauffement incomplet, puis l'hypothermie s'est produite.

La section sous-diaphragmatique des pneumogastriques a été suivie d'un petit réchauffement peu durable et l'*excitation des semi-lunaires* n'a pas relevé la température. L'intestin était congestionné et il y avait de la diarrhée.

Le sang artériel, à la fin de l'expérience, renfermait 1 gramme pour 1000 de sucre et le foie $1^{gr}550$.

L'excitation du semi-lunaire droit suivie de son extirpation et de la section du pneumogastrique gauche a donné les résultats inscrits dans la *planche 83*.

L'excitation du semi-lunaire droit a provoqué un réchauffement rapide, surtout dans la partie antérieure du corps : sa destruction a été suivie d'une petite chute de la température, puis celle de la bouche s'est un peu relevée, pour devenir stationnaire ; la section du pneumogastrique gauche, au lieu de relever la température, en accélérant les battements du cœur, a été suivie d'une chute de la température.

Le lendemain, l'animal avait 12°4 dans le rectum et la même température dans la bouche : il a été sacrifié dans la soirée : les intestins étaient très vascularisés, l'estomac plein d'un liquide contenant de la bile.

Il est intéressant de comparer l'action des diverses opérations, dont on vient de voir l'influence sur la calorification, au point de vue des fonctions glycogénique et glycémique.

Après la section du pneumogastrique au-dessous du diaphragme, on a trouvé :

Pour 1000 grammes de sang artériel. . .	$2^{gr}890$	de sucre
— foie.	$4^{gr}292$	—

L'excitation du bout périphérique des nerfs vagues, deux heures après leur section, l'animal n'étant pas encore complètement réchauffé (t. b. = 29; t. r. = 17), a ralenti la transformation du glycogène en sucre et la rapidité du réchauffement. Il y avait:

Pour 1000 grammes de sang artériel. . .		$2^{gr}807$	de sucre
—	foie	$3^{gr}337$	—
—	— . . .	$7^{gr}619$	de glycogène

Après la section des splanchniques et de la chaîne sympathique abdominale, on a trouvé :

Pour 1000 grammes de sang artériel. . .		$1^{gr}495$	de sucre
—	foie	$1^{gr}877$	—
—	—	$5^{gr}912$	de glycogène.

La section des splanchniques, de la chaîne abdominale et des pneumogastriques a donné des chiffres voisins des précédents :

Pour 1000 grammes de sang artériel		$1^{gr}000$	de sucre
—	foie . . .	$1^{gr}550$	—

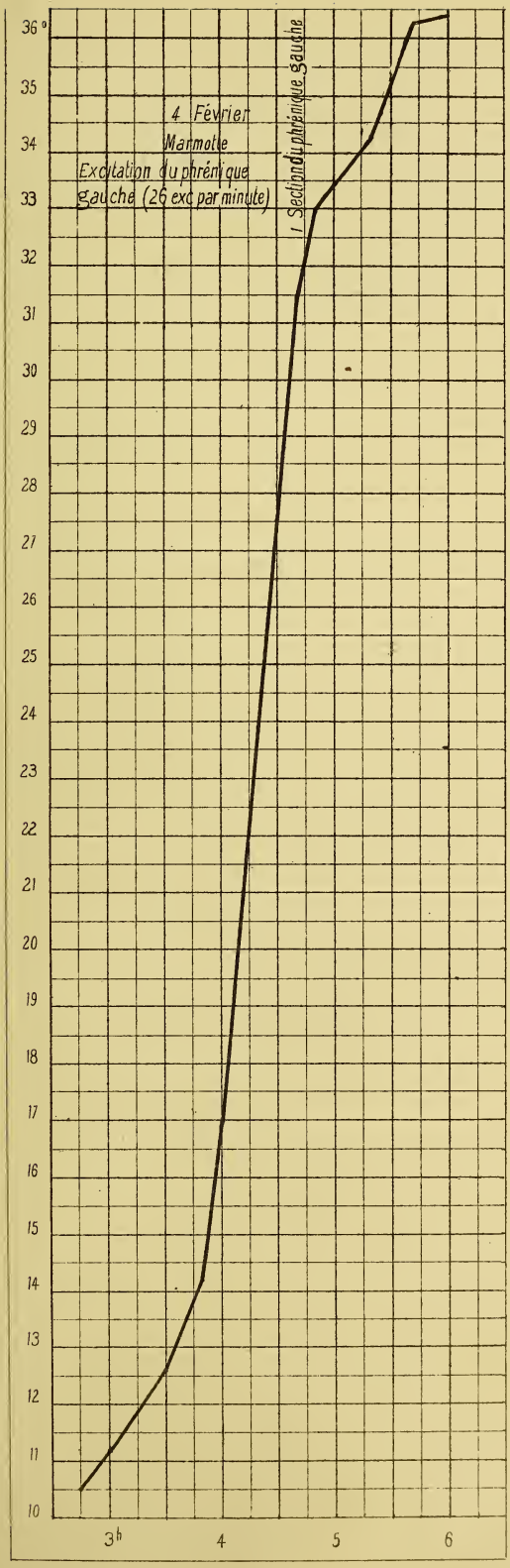
La température rectale était de 21 degrés.

Dans ces expériences, la section des pneumogastriques dans l'abdomen a déterminé une hyperglycémie manifeste, laquelle n'a été que légèrement entravée par l'excitation, faite il est vrai tardivement, des terminaisons périphériques.

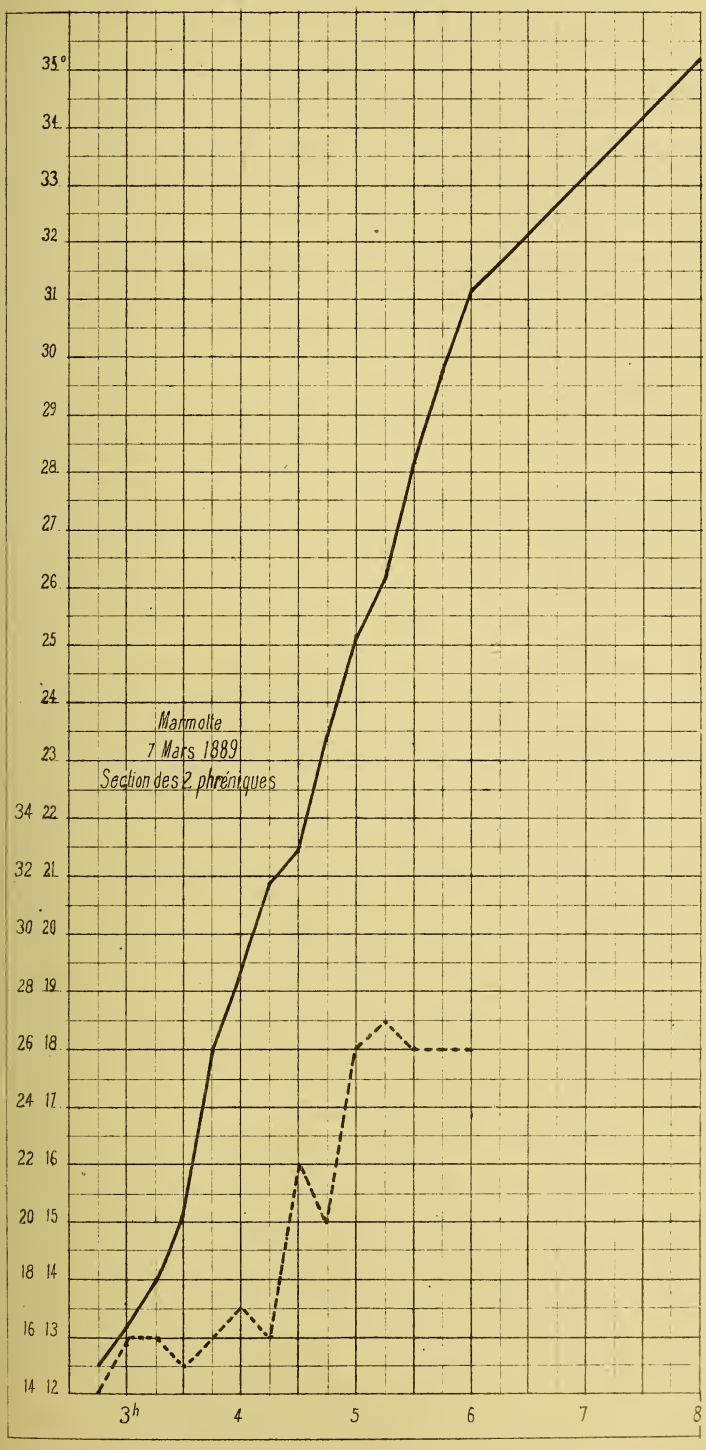
La section des sympathiques abdominaux et des splanchniques a entraîné une hypoglycémie très marquée, surtout dans le foie.

Ces résultats pouvaient être prévus d'après les courbes de réchauffement.

La *section du nerf phrénique au cou du côté droit* a été pratiquée sur trois Marmottes en torpeur. Dans le premier cas, elle a été suivie d'un réchauffement de 25 degrés en six heures. Dans la seconde expérience, la température s'est élevée après la section de 16 degrés en une heure et demie. Les huit jours suivants, la température rectale a oscillé entre 32 et 36,4 et, pendant cinq semaines, elle a présenté des oscillations de 5 degrés seulement, avec minima le matin. On a fait alors la section du phrénique gauche, et, au bout d'une semaine, il y a eu un premier sommeil, puis une série presque normale. Sur


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
3h
4
5
6
4 Février
Marmotte
Excitation du phrénique
gauche (26 exc par minute)
1 Section du phrénique gauche

URAL HI


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
34 22
32 21
30 20
28 19
26 18
24 17
22 16
20 15
18 14
16 13
14 12
Marmotte
7 Mars 1889
Section des 2 phrénique
3h
4
5
6
7
8

NATURAL HISTORY

une troisième Marmotte, la même opération a été suivie d'un réchauffement complet en quatre heures ; il y a eu ensuite de petites oscillations quotidiennes et une série de sommeils.

L'excitation du nerf phrénique gauche suivie de sa section a fourni le graphique de la *planche 84*. On a fait vingt-six excitations par minute avec le n° 5 de la bobine de Dubois-Reymond. La rapidité de la courbe de réchauffement a été un peu exagérée. La section du même nerf, à 32°5, a été suivie d'un léger ralentissement qui était probablement normal. Les contractions exagérées du diaphragme que nous avons ainsi provoquées, n'ont eu sur la calorification qu'une influence peu marquée : pourtant la température s'est élevée de 22°5 en deux heures et quinze minutes. Le réchauffement a été complet. Le lendemain, la température de l'animal a commencé à baisser et il est tombé en sommeil complet quatre jours après l'opération ; il a eu ensuite une série de sommeils qui sont devenus de plus en plus longs.

La *section des deux nerfs phréniques au cou (planche 85)* a été suivie d'un réchauffement complet, mais il a été plus lent que dans le cas précédent ; il a exigé plus de cinq heures de respiration exclusivement thoracique. Le nombre des mouvements respiratoires a augmenté jusqu'à 18 degrés pour rester ensuite stationnaire.

L'animal a eu plus tard des séries de sommeils et de réveils.

La première section de nerf phrénique que j'ai pratiquée sur une Marmotte en torpeur, ayant été suivie d'une longue période de veille, j'en avais conclu, trop hâtivement, que le sommeil exigeait, pour se produire, l'intégrité des phréniques, puisque le type respiratoire, pendant la torpeur, est diaphragmatique.

Voici quelques graphiques respiratoires pris sur des Marmottes présentant des lésions des nerfs phréniques.

Ces graphiques montrent que lorsque le diaphragme devient inerte par la section des deux nerfs phréniques, les mouvements respiratoires thoraciques augmentent d'amplitude avant

Fig. 105. — *Tracé normal, avant la section des nerfs phréniques ; Marmotte engourdie :* Temp. rect. 16 degrés.

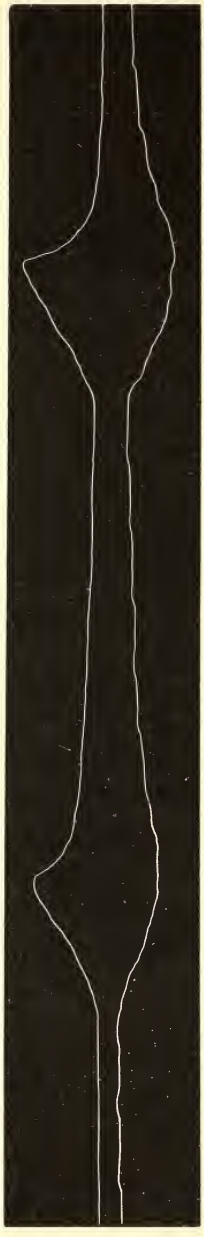


Fig. 106. — *Même Marmotte que ci-dessus : après la section des deux nerfs phréniques, la respiration se fait en bascule par suite de l'inertie du diaphragme.*

Fig. 107. — *Même Marmotte : exagération considérable de l'amplitude de la respiration thoracique, après la section des deux nerfs phréniques.*

Fig. 108. — *La même Marmotte encore au début du réchauffement. — Mouvements thoraciques peu nombreux mais amples.*
I. *Tracé thoracique.* — II. *Tracé abdominal.*

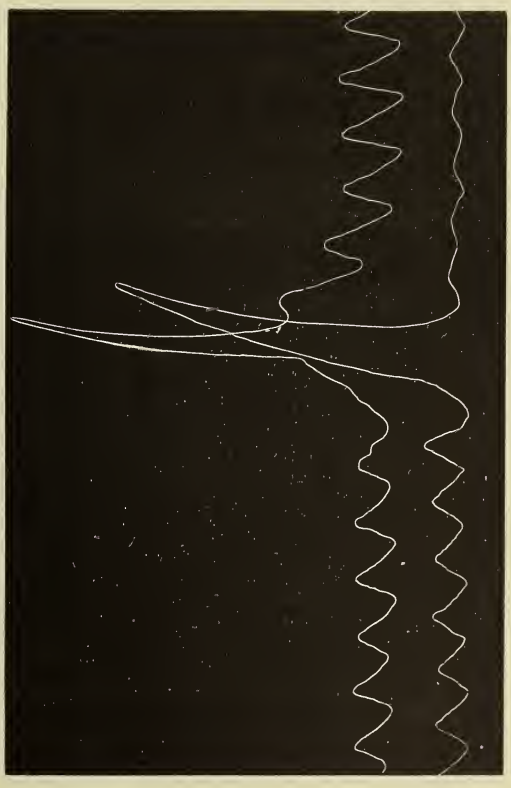


Fig 109. — *Marmotte réchauffée après section du phrénique droit. Respiration en bascule et soupirs profonds.*

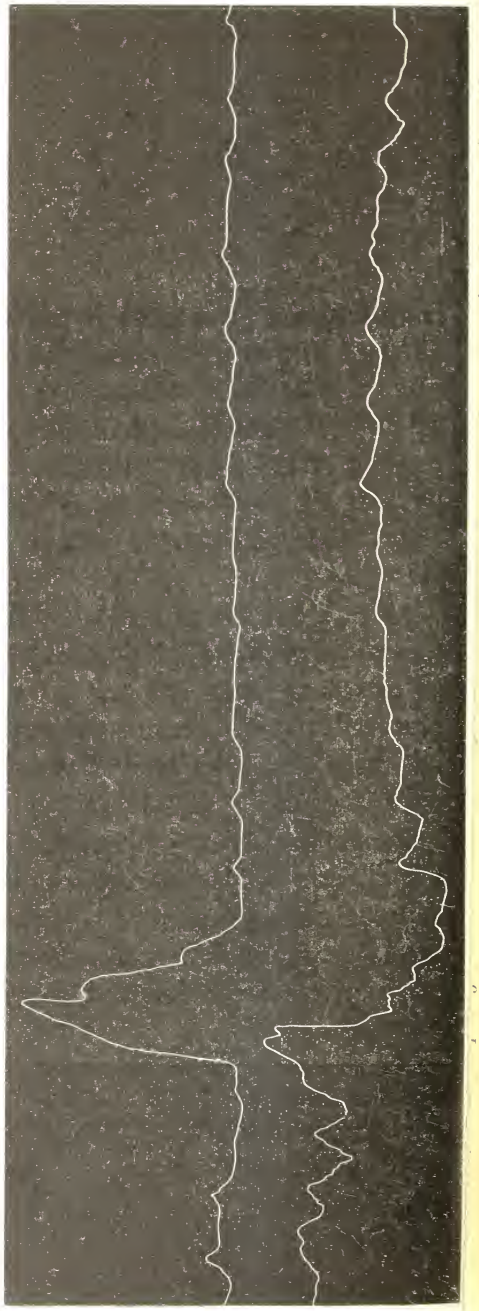


FIG. 110 — *Tracé abdominal après section du phrénique droit — Spasmes diaphragmatiques : Temp rect. = 27.8.*

du phrénique droit.

Fig 112. — *Section du phrénique droit chez le Lapin.* — I. *Tracé thoracique.* — II. *Tracé abdominal.*

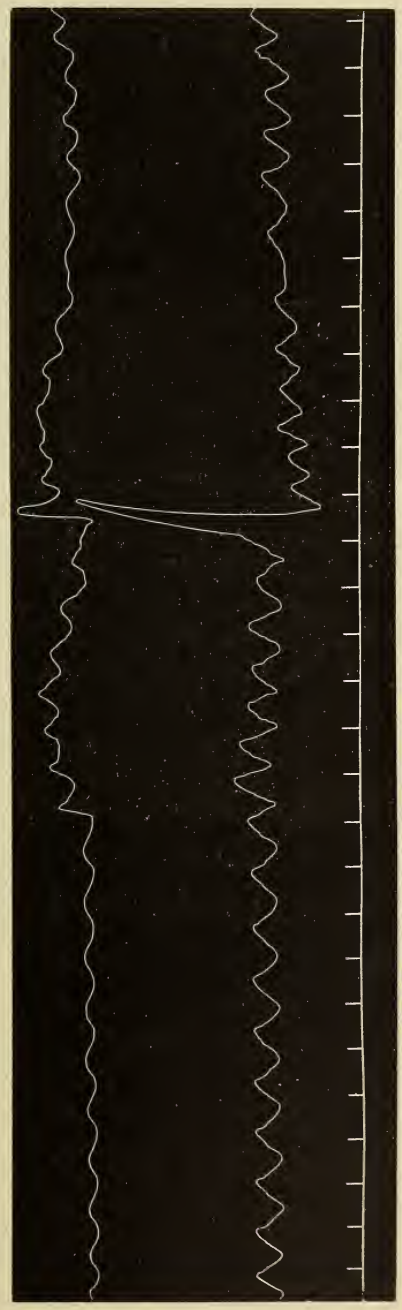


Fig. 113. — *Même animal : section du deuxième phrénique une heure après. Respiration en bascule.*

de s'accélérer *(figures 105 et 106)*. La section d'un des nerfs phréniques peut être momentanément suivie de la respiration en bascule chez la Marmotte éveillée *(figure 107)*; mais il n'en est pas ordinairement ainsi. Habituellement, la respiration diaphragmatique se continue avec un seul phrénique et les mouvements respiratoires gardent le type normal ; seulement, de temps à autre, il y a des spasmes diaphragmatiques se faisant par saccades *(figure 109)*. Parfois, ces spasmes coïncident avec une forte respiration thoracique *(figure 111)*.

A la suite de la section d'un des phréniques chez le Lapin, j'ai aussi noté un affaiblissement de la respiration diaphragmatique *(figure 112)* et la respiration en bascule, avec spasmes, après la section du second nerf phrénique *(figure 113)*. Ces perturbations des mouvements respiratoires n'entraînent pas, comme on l'a vu par les graphiques thermométriques, des modifications radicales de la calorification.

L'étude des *réflexes sensitifs et sensoriels* aurait besoin d'être complétée. Elle a permis surtout de reconnaître que, dans la profonde torpeur, le réflexe cornéen persiste : il est lent, mais net. Le réflexe rétinien se manifeste par une contraction très ralentie de la pupille, qui met environ une minute pour son resserrement maximum. Dans l'état de repos, pendant le sommeil, elle est à moitié contractée.

Les pincements et les piqûres des narines et des autres points de la périphérie donnent toujours lieu à des réflexes respiratoires et provoquent le réveil, s'ils sont assez forts ou assez répétés.

Les réflexes qui ont leur point de départ dans la région vésico-rectale sont ceux qui agissent le plus fortement sur la respiration.

Les excitations chimiques, physiques ou mécaniques de la sensibilité générale ou spéciale provoquent, en outre, des mouvements plus ou moins généralisés, mais toujours lents.

Les faits relatés dans ce XIIIe chapitre autorisent les conclusions suivantes :

1° *De la portion de la moelle, dont la continuité avec l'encéphale est nécessaire pour le réchauffement de la Marmotte en torpeur, partent des nerfs qui remplissent un rôle capital dans la calorification générale : ce sont les nerfs moteurs des muscles respiratoires et les nerfs sympathiques ;*

2° *Ces filets sympathiques traversent les ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques ;*

3° *L'arrachement des ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques empêche le réchauffement de réveil chez la Marmotte endormie et provoque l'hypothermie chez la Marmotte éveillée ;*

4° *L'arrachement des ganglions semi-lunaires produit le même effet que celui des ganglions cervicaux inférieurs et thoraciques ;*

5° *Les filets sympathiques les plus indispensables pour la calorification générale se rendent dans les ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques et, de là, principalement aux ganglions semi-lunaires ;*

6° *A la suite de l'extirpation des ganglions semi-lunaires, on peut observer des trémulations musculaires et de l'agitation pendant que se produit l'hypothermie ;*

7° *L'extirpation du semi-lunaire droit peut suffire à provoquer l'hypothermie ;*

8° *La destruction simultanée des ganglions cervicaux inférieurs, premiers thoraciques et des ganglions semi-lunaires accentue encore l'action qu'elle exerce quand on la pratique séparément ;*

9° *Que l'extirpation des semi-lunaires soit accompagnée ou non de la section de la moelle au commencement de la région dorsale, le résultat est le même ;*

10° *La section des filets nerveux allant au foie n'entrave pas le réchauffement ; cette opération l'accélérerait plutôt : ce n'est donc pas par l'intermédiaire de ces filets que les ganglions semi-lunaires agissent sur ce phénomène ;*

11° *La section simultanée des nerfs pneumogastriques, au cou, chez la Marmotte en torpeur, amène une asphyxie rapide. Si elle est pratiquée successivement sur les deux nerfs vagues, ou isolément sur l'un d'eux, dans cette même région, le réchauffement est accéléré. Il en est de même à la suite de la section des nerfs vagues, en masse, au-dessous du diaphragme ;*

12° *Quand ils sont excités, les pneumogastriques peuvent jouer le rôle de phrénateurs de la calorification ;*

13° *La section de la chaîne sympathique et des nerfs splanchniques, chez la Marmotte en voie de réchauffement, provoque de l'hypoglycémie ;*

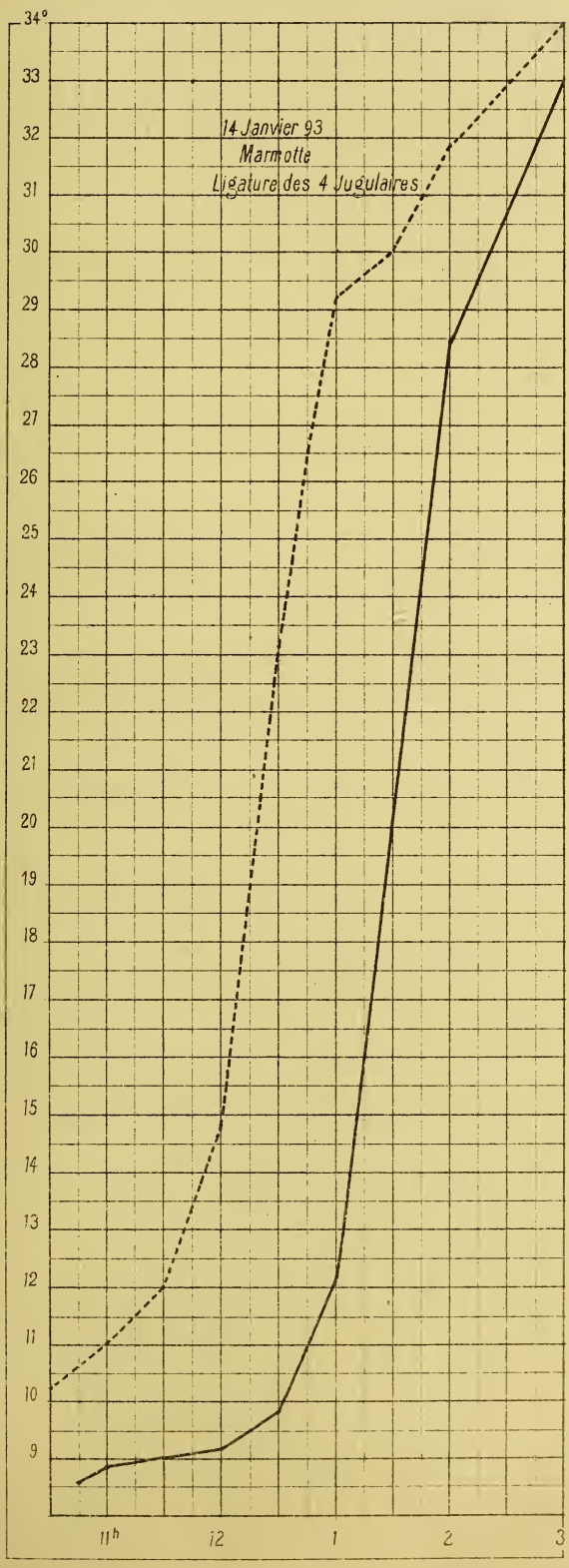
14° *La section des pneumogastriques dans l'abdomen détermine de l'hyperglycémie ;*

15° *La section des nerfs phréniques, au cou, peut ralentir légèrement le réchauffement en supprimant les contractions diaphragmatiques : cet effet est en grande partie compensé par l'exagération du travail des muscles thoraciques ;*

16° *Dans la profonde torpeur, le réflexe cornéen persiste, il est lent, mais net : il en est de même de celui de la rétine et des autres réflexes sensitifs ou sensoriels ;*

17° *Le réflexe respiratoire vésico-rectal est très marqué dans la torpeur.*

Pl. 86


14 Janvier 93
Marmotte
Ligature des 4 Jugulaires
34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
11h
12
1
2
3

BRITISH MUSEUM
NATURAL H.

CHAPITRE XIV

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA CIRCULATION DANS SES RAPPORTS AVEC LA CALORIFICATION GÉNÉRALE

La *ligature des quatre jugulaires* a été faite sur une Marmotte dormant depuis trois jours et ayant 8°6 dans le rectum et 10°2 dans la bouche. Cette opération n'a pas modifié la rapidité du réchauffement, qui a été complet : le graphique thermométrique de la *planche 86* est semblable à celui d'un réveil normal. Trois jours plus tard, l'animal était endormi, et, après quelques oscillations quotidiennes, il a eu un sommeil régulier et continu de vingt-quatre jours, puis un autre de quatorze jours et s'est, en somme, comporté comme une Marmotte normale, en hivernation.

La *ligature des carotides* n'empêche pas le réchauffement de réveil. On a lié d'abord la carotide gauche à une Marmotte ayant une température rectate de 10°4 et une température buccale de 10°8, celle du milieu ambiant étant de 10 degrés. L'autre carotide a été comprimée avec une pince. Il s'est produit des mouvements d'ensemble des quatre pattes, la respiration est devenue plus fréquente et s'est faite en bascule : au bout de deux heures, la température s'était élevée à 29 degrés dans le rectum et à 30°6 dans la bouche. On a lié la carotide com-

primée : une heure et demie après cette seconde ligature, la température avait atteint 35°4.

Cette Marmotte s'est endormie le lendemain et a eu un sommeil de quatre jours, puis un réveil, et une série très régulière de sommeils et de réveils.

Sur une Marmotte en sommeil depuis huit jours, on a lié les *deux artères sous-clavières :* la température rectale était de 16°8 dans le rectum et de 23 degrés dans la bouche, à la fin de l'opération. En une heure et demie, la température s'est élevée seulement dans la bouche de 6 degrés et dans le rectum de 3°5.

Le réchauffement s'est effectué complètement et normalement après la *ligature des deux artères vertébrales.*

J'ai pratiqué la *ligature simultanée des deux carotides et des deux artères vertébrales* sur une jeune Marmotte dont la température, à la fin de l'opération, était de 14 degrés. L'animal a survécu trois heures : il respirait spontanément, avec cinq ou six mouvements par minute.

Au moment de la mort, qui s'est produite par arrêt respiratoire, il y a eu des mouvements de tout le tronc et des membres. La température n'a, pendant ces trois heures, monté que de huit dixièmes de degré. On peut dire que le réchauffement a été nul.

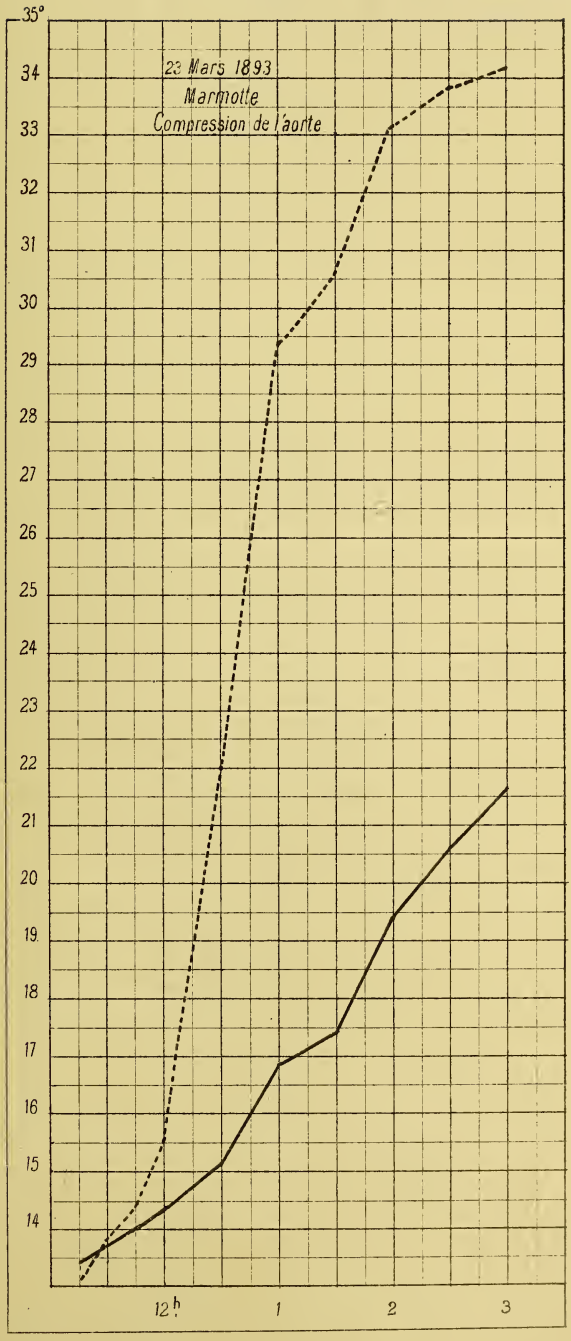
La *ligature des vaisseaux au-dessus du foie* a immédiatement produit une chute de la température buccale *(planche 88).*

La *compression de l'aorte* à l'aide d'une pince, au-dessous du diaphragme, n'a pas empêché le réchauffement de réveil de la partie antérieure du corps, lequel a été normal. Dans le même temps, celui de la partie postérieure a été ralenti et incomplet *(planche 87).*

La *ligature de l'aorte au-dessous du tronc cœliaque*, suivie de la *ligature de la veine porte*, a donné les résultats suivants :

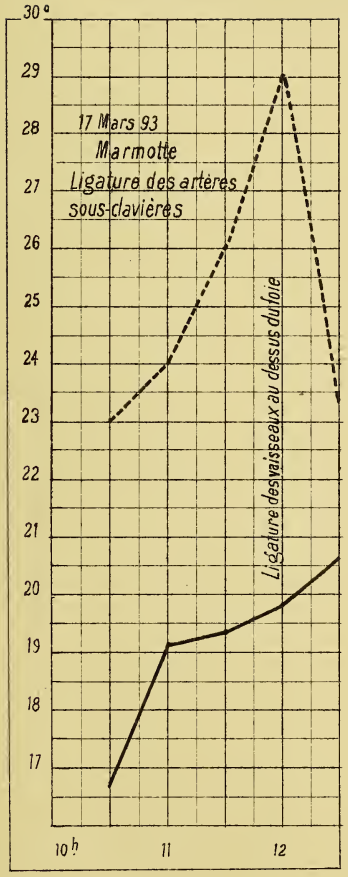
La température de la Marmotte après la ligature de l'aorte s'est élevée dans la bouche de 20 degrés en quatre heures trente minutes et celle du rectum de 10 degrés seulement en

Pl. 87


23 Mars 1893
Marmotte
Compression de l'aorte
35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
12h
1
2
3

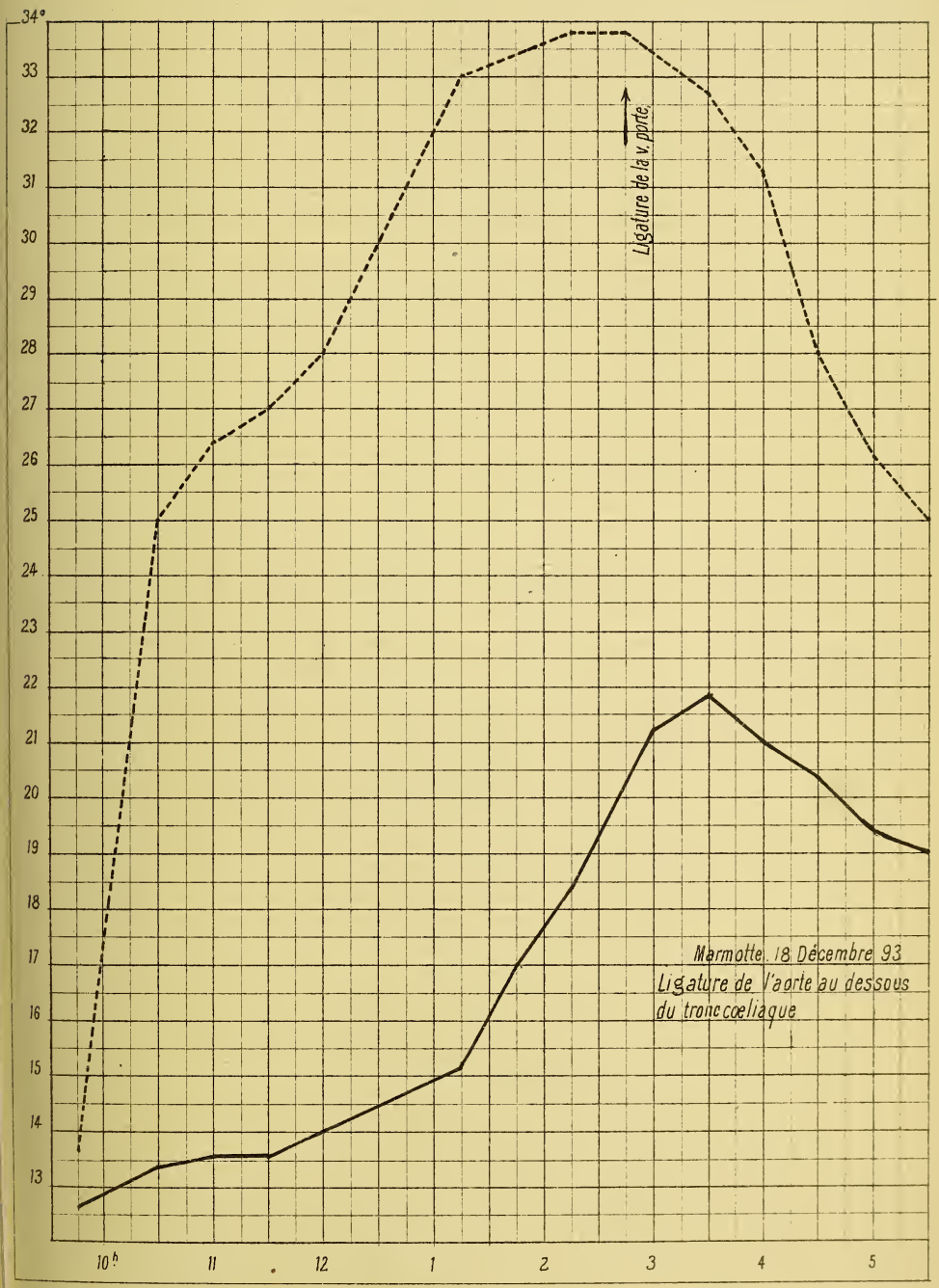
MUSEUM
NATUR

Pl. 88

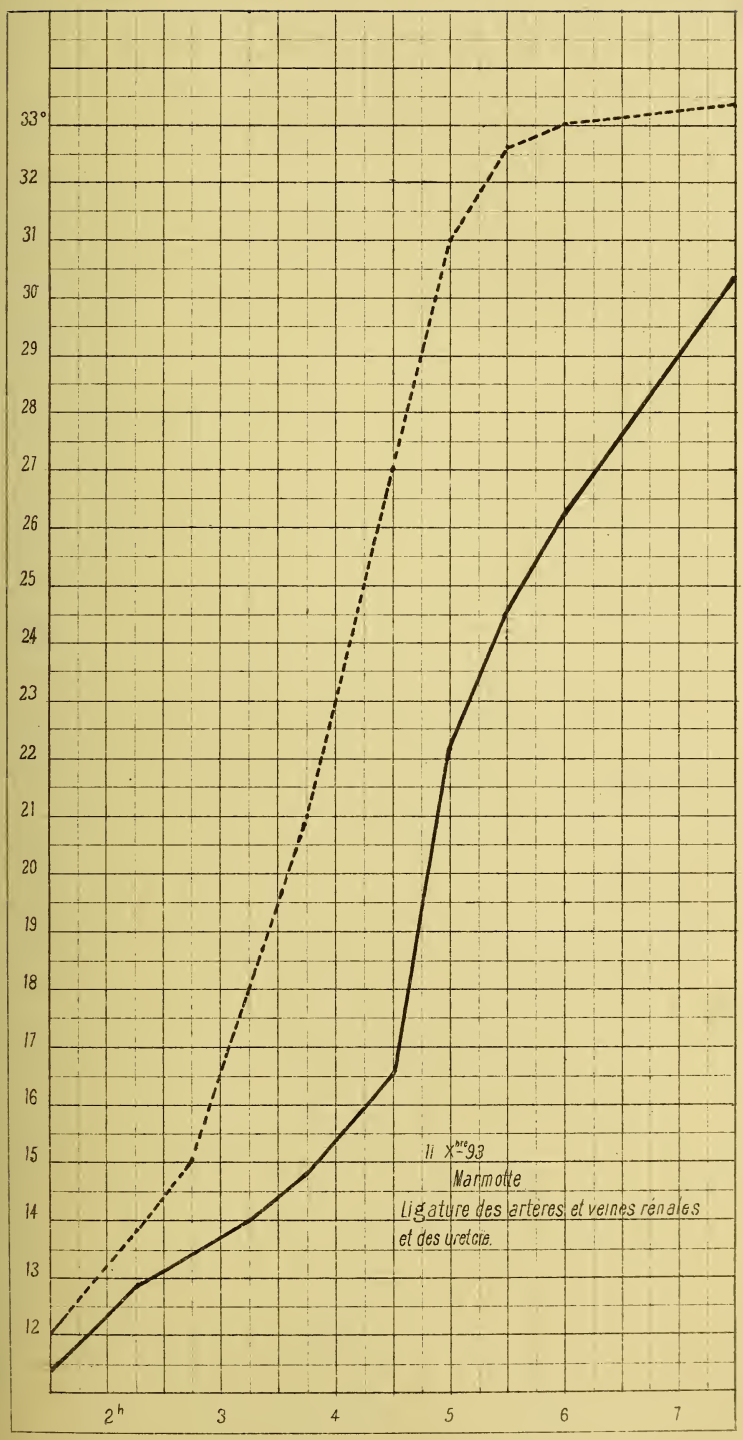

30°
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
17 Mars 93
Marmotte
Ligature des artères
sous-clavières
Ligature des vaisseaux au dessus du foie
10h
11
12

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 89

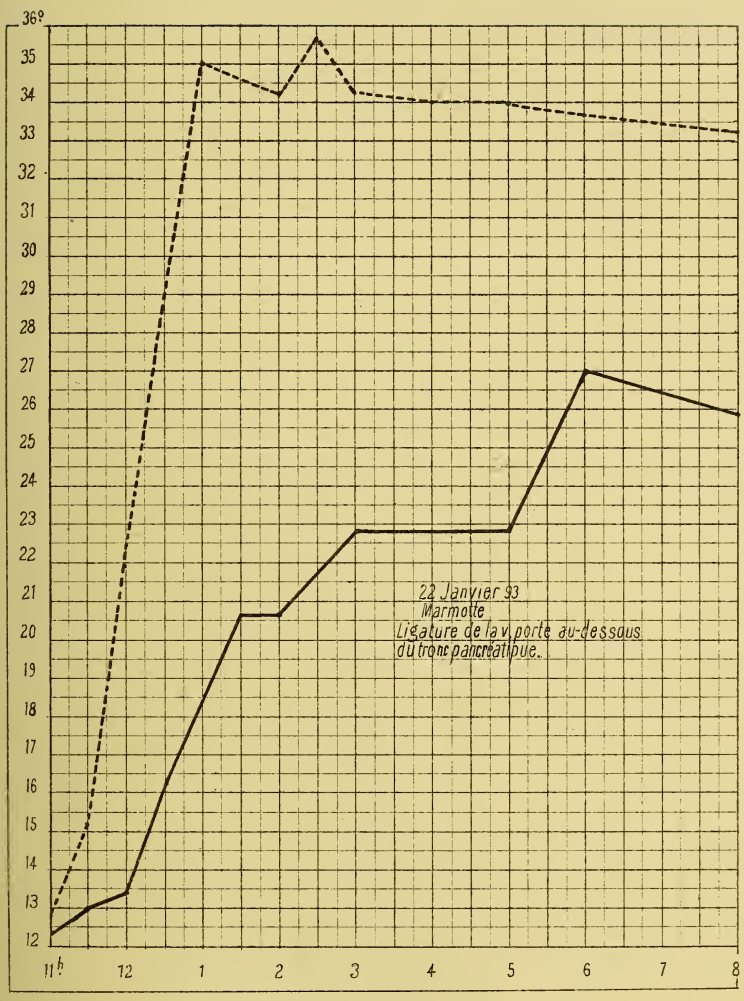

34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
10h
11
12
1
2
3
4
5
Ligature de la v. porte.
Marmotte. 18 Décembre 93
Ligature de l'aorte au dessous du tronc cœliaque

Pl. 90


33°
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
2h
3
4
5
6
7
Ii X^bre 93
Marmotte
Ligature des arteres et veines rénales
et des uretère.

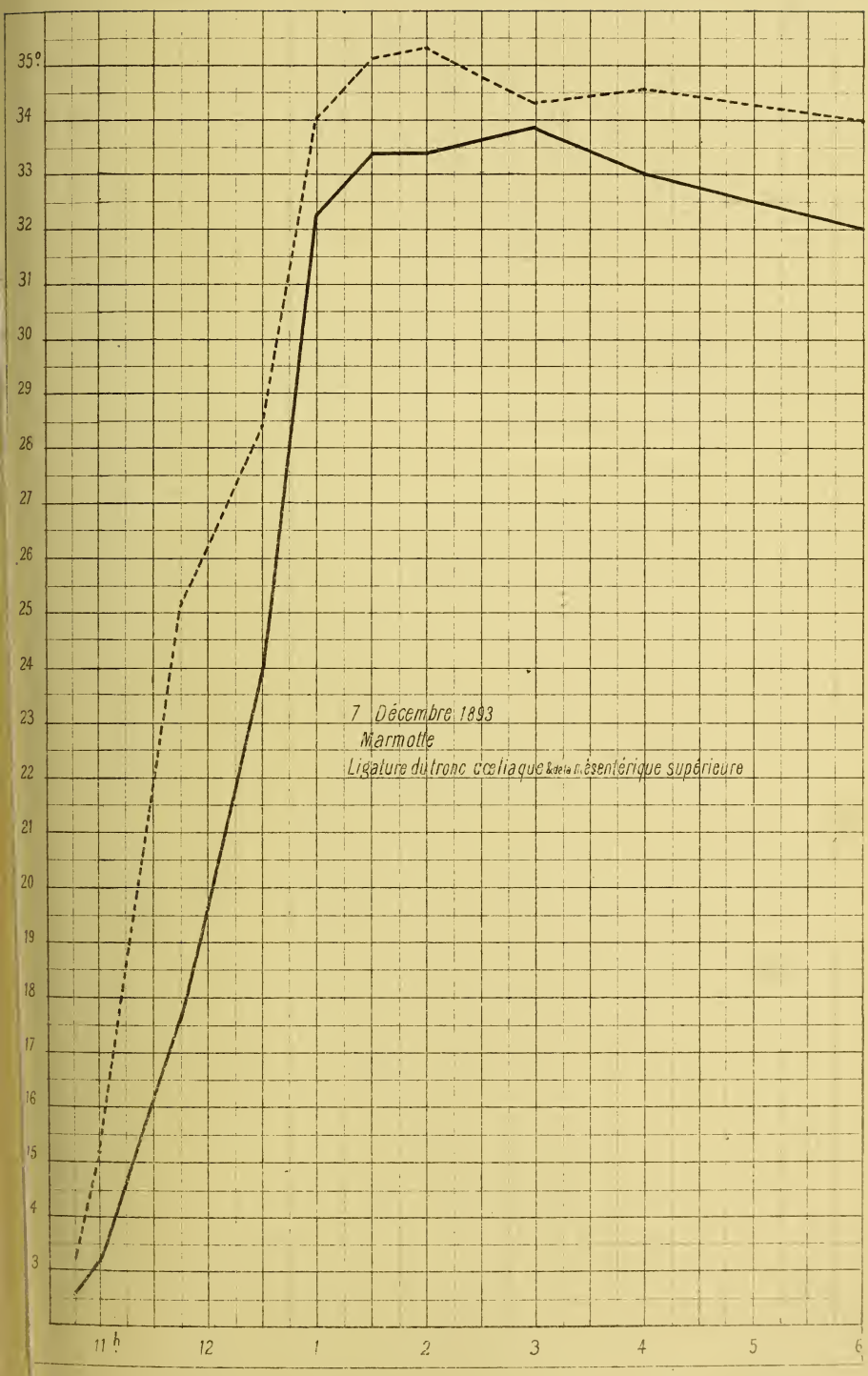
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 91


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
22 Janvier 93
Marmotte
Ligature de la v. porte au-dessous
du tronc pancréatique.

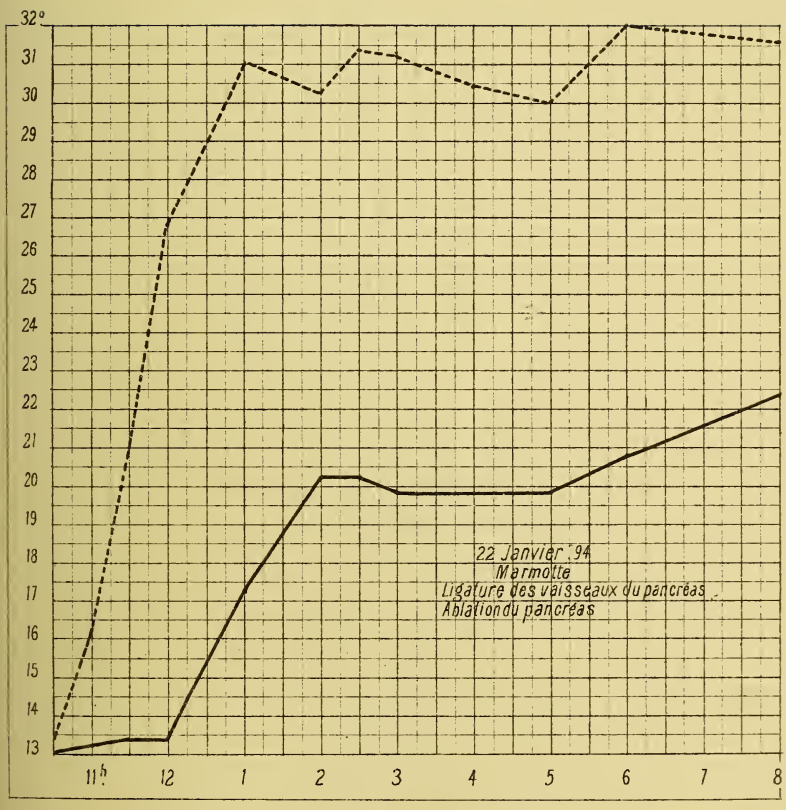
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 92


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
7 Décembre 1893
Marmotte
Ligature du tronc cœliaque & de la mésentérique supérieure
11 h
12
1
2
3
4
5
6

BRITISH MUSEUM
NATURAL HIST

Pl. 93


32°
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
22 Janvier 94
Marmotte
Ligature des vaisseaux du pancréas
Ablation du pancréas

THE SMITHSONIAN LIBRARY

cinq heures quarante-cinq minutes. Dans la partie antérieure du corps, le réchauffement a d'abord été très rapide ; mais il s'est ralenti à partir de 25 degrés jusqu'à 28 degrés : la respiration était devenue très faible en amplitude pendant ce temps. Ensuite elle s'est relevée et la température avec elle. Aussitôt après la *ligature de la veine porte*, l'hypothermie s'est produite dans la moitié antérieure et elle a été trois fois plus rapide que dans le train postérieur qui, d'ailleurs, avait continué à s'échauffer pendant une heure et quart après la ligature.

L'animal est mort froid quelques heures après. Le péritoine était très congestionné. (V. *planche 89.)*

La *ligature de la veine porte au-dessous du tronc pancréatique (planche 91)* a été d'abord suivie d'un réchauffement rapide de la partie antérieure du corps, puis la température a commencé à baisser très lentement, d'un degré en huit heures. Dans la partie postérieure, le réchauffement a été lent, saccadé et incomplet ; il s'est poursuivi six heures de plus que dans la partie antérieure.

Le lendemain matin, la température rectale était remontée de 25°8 à 33°4 ; seulement, le soir, elle était redescendue à 27°4 et le surlendemain l'animal était mort. L'autopsie n'a rien révélé de particulier.

La *ligature des artères, des veines rénales et des uretères* n'a pas modifié bien sensiblement la courbe de réchauffement. L'animal est mort le lendemain. Il était dans son onzième jour de sommeil au moment de l'opération *(planche 90).*

Après la *ligature des vaisseaux et nerfs de la rate,* la température rectale d'une Marmotte en torpeur s'est élevée de 10°8 à 24°2 soit de 13°4, et en une heure quinze minutes, celle de la bouche a monté de 19 degrés. Malgré cette opération, il y a eu pendant deux mois des séries de réveils et de sommeils très réguliers, et l'animal ayant servi à une autre expérience suivie de mort, on a constaté à l'autopsie que la rate était dégénérée : elle renfermait un magma puriforme et caséeux.

A la suite de la *ligature des vaisseaux du pancréas* et de

l'ablation de cette glande, la température buccale d'une Marmotte s'est élevée rapidement à 31 degrés puis très lentement, avec des oscillations à 32 degrés. La température rectale a monté péniblement en neuf heures trente minutes à 22 degrés avec des oscillations *(planche 93)*.

Les trémulations musculaires ont cessé de bonne heure, la température rectale étant de 13°4 et celle de la bouche de 26°6.

Le lendemain, la température rectale était de 30°2 le matin et de 28°8 le soir.

Le surlendemain de l'opération, la Marmotte est tombée dans un sommeil qui a duré quatre jours et elle est morte en torpeur.

A l'autopsie, il n'y avait pas d'inflammation intestinale, pas de péritonite et encore de la graisse en assez grande abondance.

La *ligature du tronc cœliaque et de l'artère mésentérique supérieure*, pratiquée sur une Marmotte dans son troisième jour de sommeil, a été suivie d'une élévation assez rapide de la température buccale de 13°2 à 35°4 en trois heures quinze minutes et, dans le même temps, de la température rectale de 12°5 à 33°5.

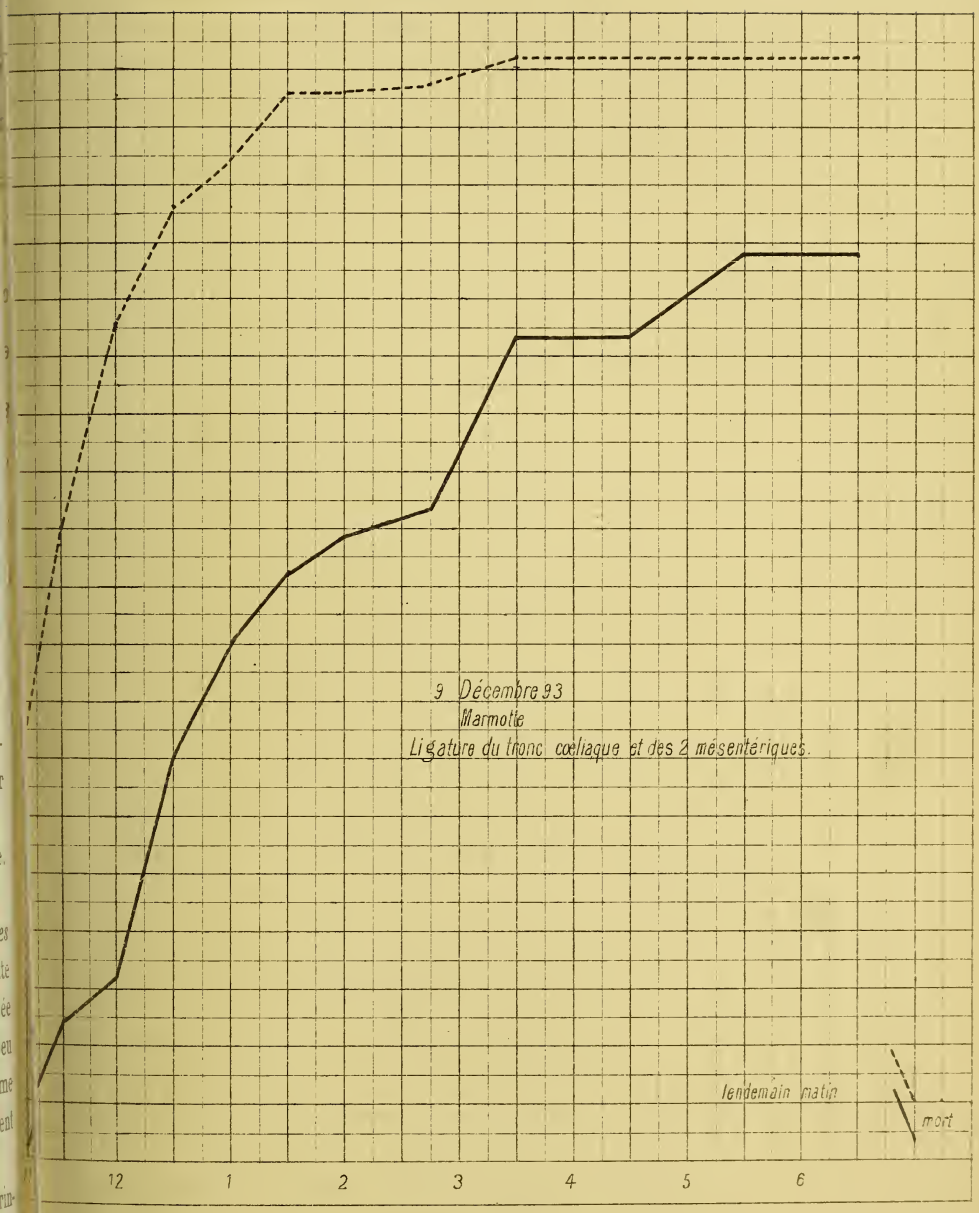
A partir de la première heure après l'opération, les mouvements respiratoires, qui étaient au nombre de vingt-huit par minute, sont tombés à douze et quatorze.

Le lendemain, il y avait douze respirations par minute. L'animal a succombé à une autre opération *(planche 92)*.

Après la *ligature du tronc cœliaque et des deux artères mésentériques supérieure et inférieure* chez une Marmotte dans son troisième jour de sommeil, la température s'est élevée assez rapidement jusqu'à 33°5, et celle du rectum, un peu ralentie, jusqu'à 30°8 en sept heures trente minutes. La forme de la courbe est bien différente de celle du réchauffement normal.

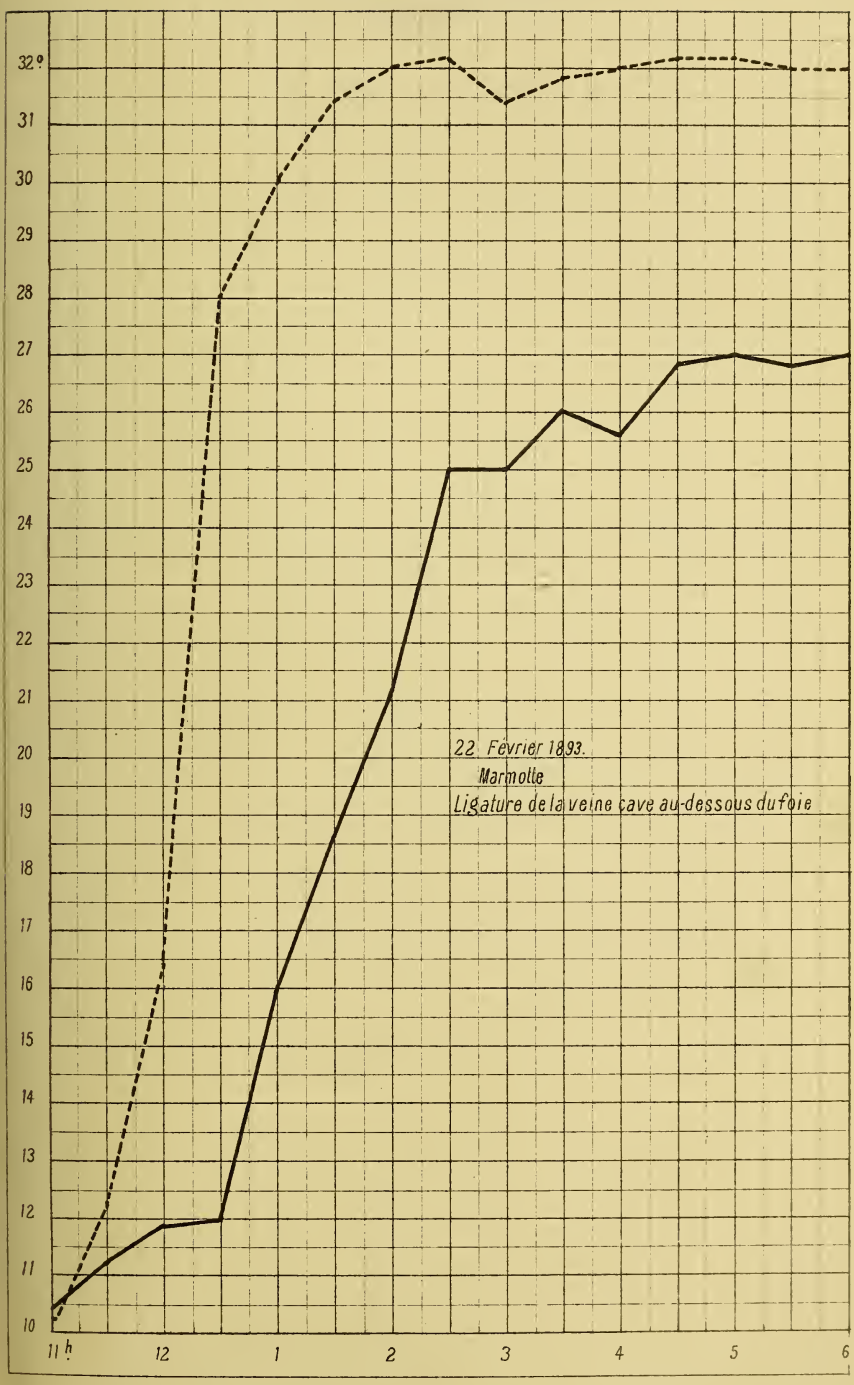
Il y avait vingt à vingt-quatre respirations par minute, principalement diaphragmatiques, mais amples. Le lendemain matin, la température de l'animal était de 16 degrés dans la

Pl. 94


9 Décembre 93
Marmotte
Ligature du tronc cœliaque et des 2 mésentériques.
lendemain matin
mort
12
1
2
3
4
5
6

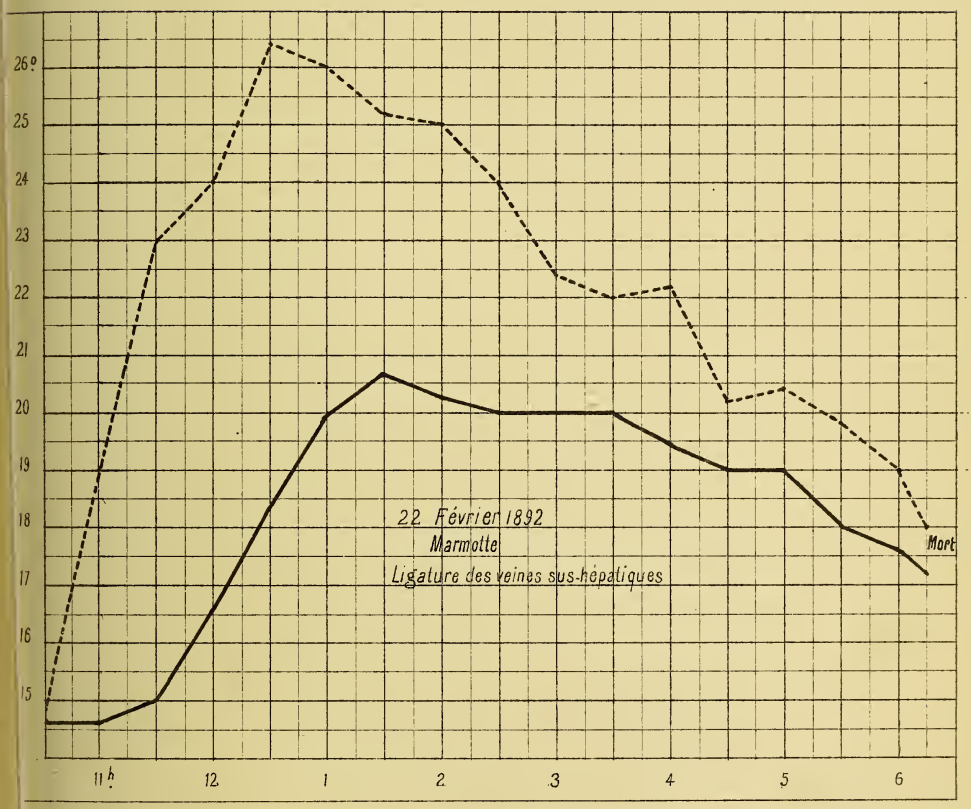
MUSEUM

Pl. 95


32.°
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
11 h
12
1
2
3
4
5
6
22 Février 1893.
Marmotte
Ligature de la veine cave au-dessous du foie

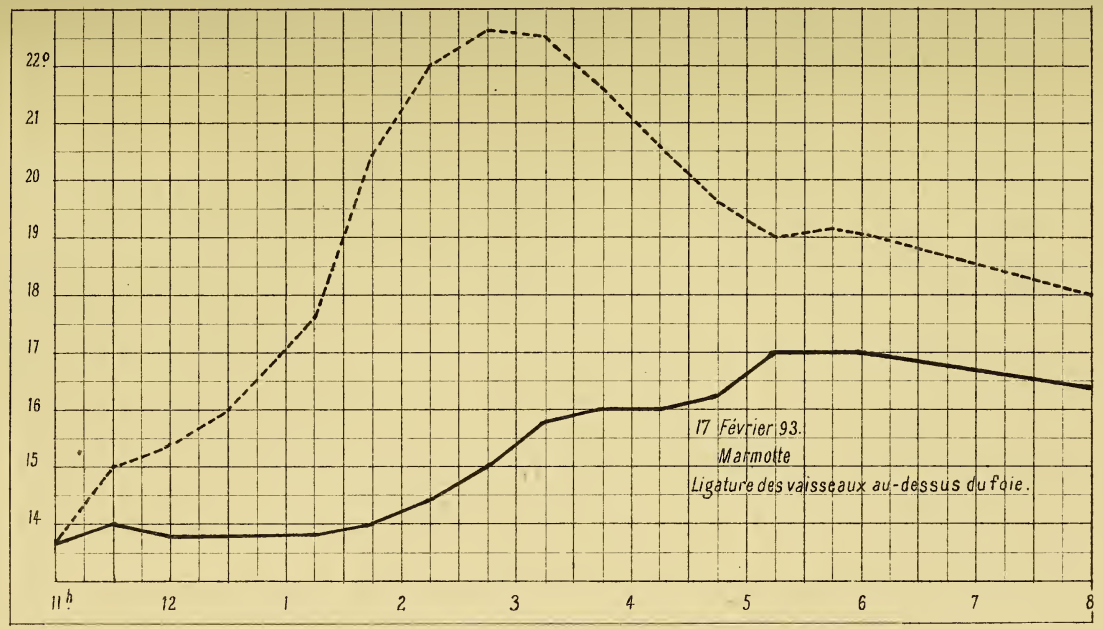
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 96


26°
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
11h
12
1
2
3
4
5
6
22 Février 1892
Marmotte
Ligature des veines sus-hépatiques
Mort

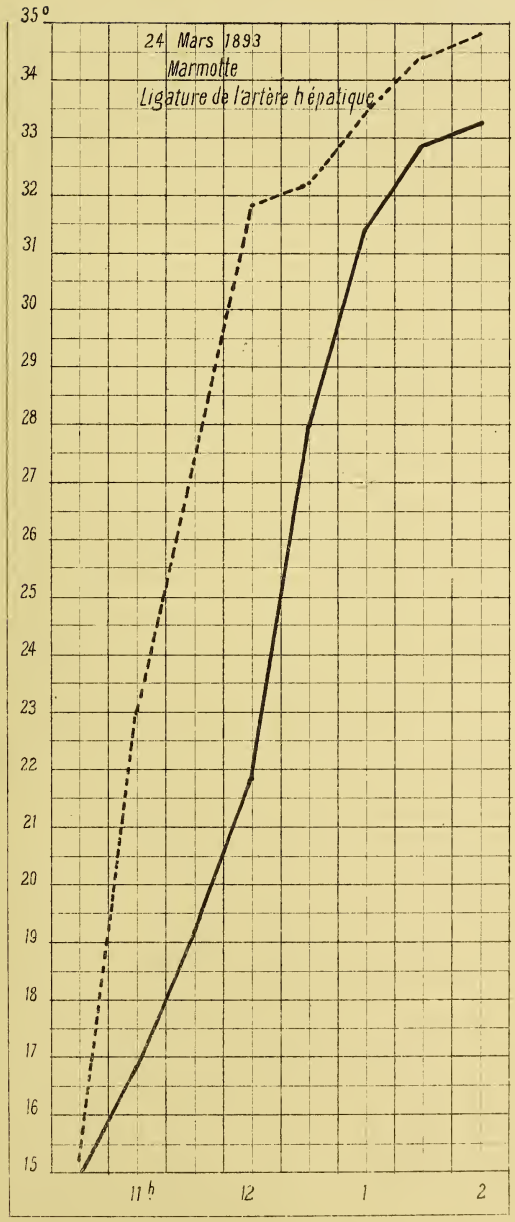
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 97


22°
21
20
19
18
17
16
15
14
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
17 Février 93.
Marmotte
Ligature des vaisseaux au-dessus du foie.

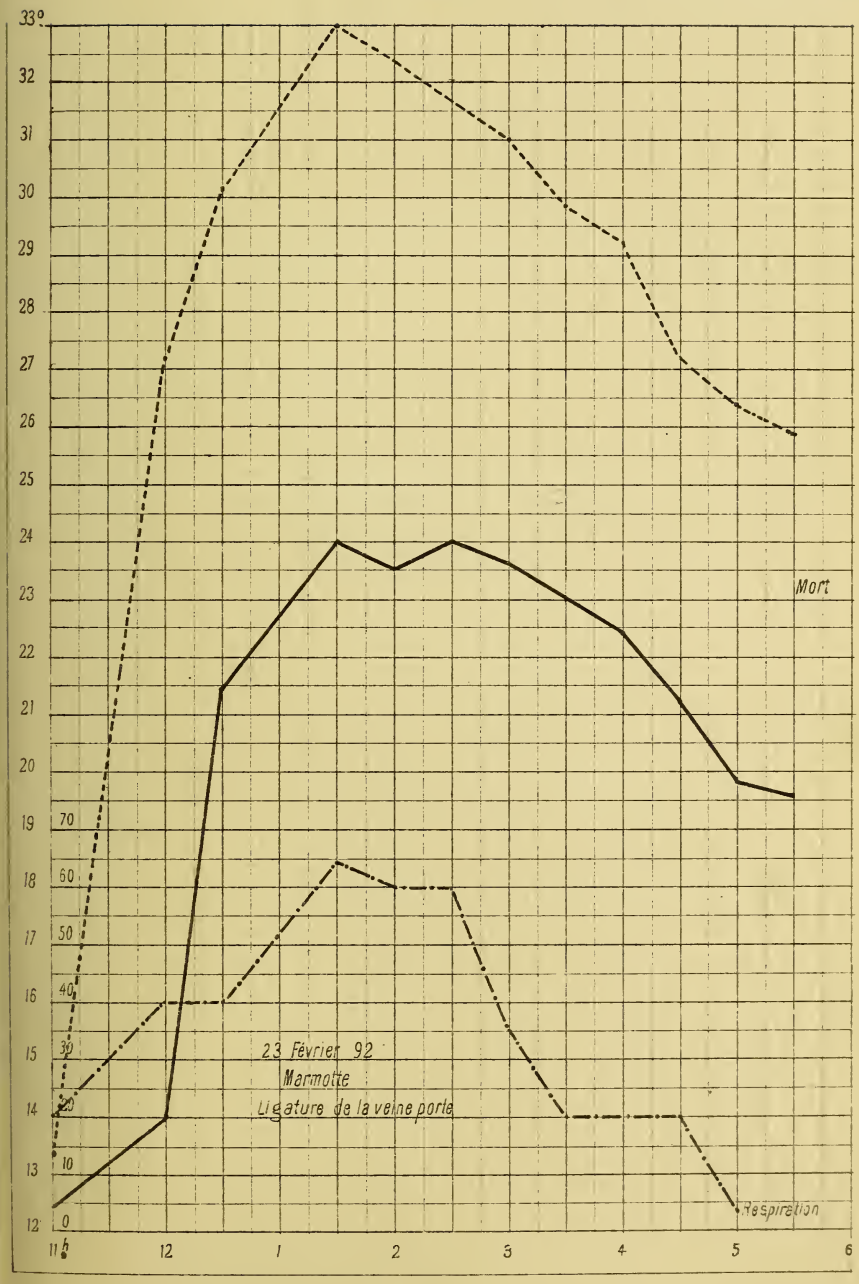
BRITISH MUSEUM
NATURAL HIST

Pl. 98


24 Mars 1893
Marmotte
Ligature de l'artère hépatique
35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
11h
12
1
2

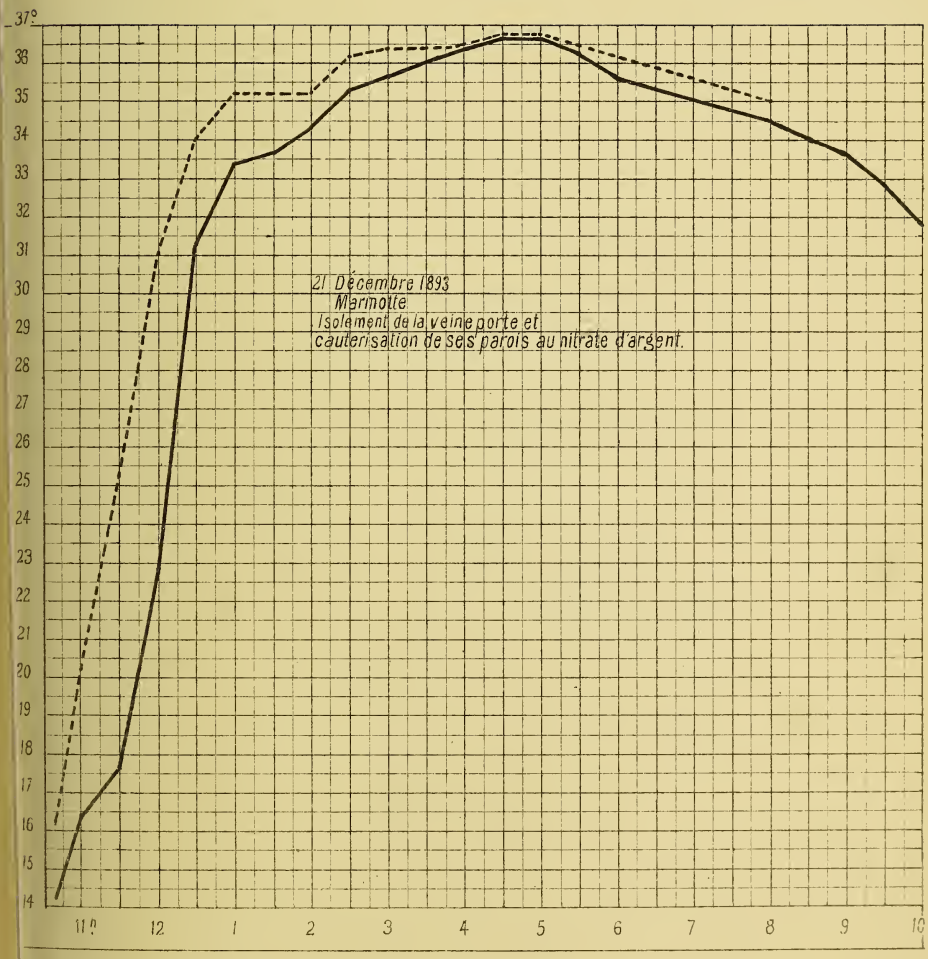
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 99

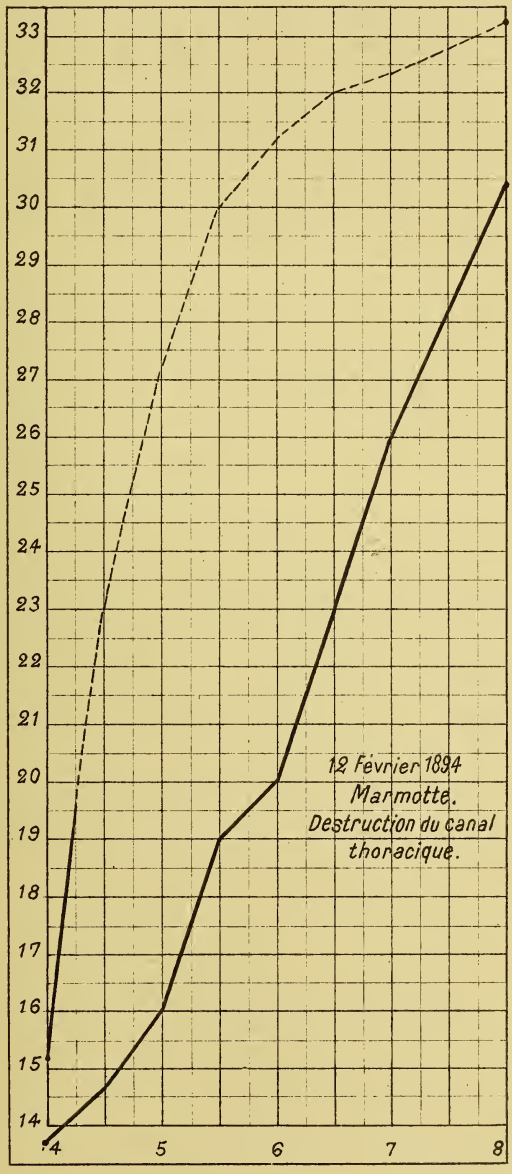

33°
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
70
60
50
40
30
20
10
0
11h
12
1
2
3
4
5
6
Mort
Respiration
23 Février 92
Marmotte
Ligature de la veine porte

MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 100


37°
38
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
11 h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
21 Décembre 1893
Marmotte
Isolement de la veine porte et
cautérisation de ses parois au nitrate d'argent.

ISH MUSEUM


33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
4
5
6
7
8
12 Février 1894
Marmotte.
Destruction du canal
thoracique.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

bouche et de 15°4 dans le rectum. La respiration était moins ample et sifflante *(planche 94)*.

Le soir du lendemain, la Marmotte succombait.

La *ligature de la veine cave inférieure au-dessous du foie* n'a pas modifié aussi sensiblement le réchauffement que l'on aurait pu s'y attendre : il a été presque normal. Le lendemain, l'animal avait 36 degrés dans le rectum et il est mort le surlendemain *(planche 95)*.

La *ligature de la veine cave au-dessus du foie (planches 96 et 97)* a été suivie d'un réchauffement très incomplet et d'une hypothermie accentuée qui s'est prolongée jusqu'à la mort.

Le réchauffement a été rapide et complet après la *ligature de l'artère hépatique* et la Marmotte est morte en état de veille le sixième jour après l'opération, sans péritonite *(planche 98)*.

La *ligature de la veine porte seule* a donné des courbes de température offrant beaucoup d'analogie avec celle des vaisseaux au-dessus du foie. Le nombre des mouvements respiratoires a diminué parallèlement à la température *(planche 99)*.

L'*isolement de la veine porte avec destruction des autres vaisseaux et des nerfs du foie* a permis un réchauffement très rapide et très complet de l'animal. Il a marché aussi vite dans la partie antérieure que dans la partie postérieure du corps. Au moment de l'opération, l'artère hépatique était gorgée de sang et la veine porte en contenait relativement peu *(planche 100)*.

L'animal est mort le lendemain.

La *destruction du canal thoracique au cou* m'a paru entraver le réchauffement, mais de nouvelles expériences sont nécessaires.

La même opération faite au niveau des piliers du diaphragme a fait cesser immédiatement les trémulations musculaires. Il y avait vingt mouvements respiratoires faibles par minute ; mais quatre heures plus tard, la température buccale était de 33°2 et celle du rectum de 30°4. Le lendemain, la Marmotte était endormie et flasque avec 12°4 dans le rectum. Le surlendemain, elle était morte. Il n'y avait rien de particulier à l'au-

topsie, sauf que le liquide du péritoine avait disparu *(planche 101)*.

Je me propose de reprendre et de compléter cette partie de mes expériences.

Conclusions du chapitre XIV :

1° *La circulation cérébrale peut être profondément troublée par la ligature respective des veines jugulaires, des artères carotides et vertébrales, sans que le réchauffement soit entravé; il est retardé par la ligature des artères sous-clavières ;*

2° *La ligature des vaisseaux du rein n'a aucun effet immédiat sur le réchauffement et le réveil;*

3° *Il en est de même de celle des vaisseaux de la rate : cet organe n'exerce pas d'influence sur les périodes de réveil et de sommeil spontanés ;*

4° *La ligature du tronc cœliaque, des artères mésentériques, de la veine cave, au-dessous du foie, de l'artère hépatique, n'a pas supprimé le réchauffement et le réveil;*

5° *Quand on empêche le sang de revenir du pancréas dans la veine porte, le réchauffement est incomplet et peu durable ; il en est de même si on ne laisse arriver au foie, par la veine porte, que le sang veineux pancréatique ;*

6° *La ligature des vaisseaux au-dessus du foie provoque rapidement ou maintient l'hypothermie;*

7° *La ligature du tronc de la veine porte est suivie de réchauffement incomplet et d'hypothermie rapide; le commencement de réchauffement est dû à ce que les phénomènes initiaux du réveil sont déjà assez avancés quand on atteint la veine porte.*

CHAPITRE XV

RECHERCHE DE L'INFLUENCE DE DIVERS ORGANES SUR LA CALORIFICATION

La *suppression des intestins et des reins* a été pratiquée sur une Marmotte chez laquelle on avait antérieurement fait la *ligature en masse du pédicule de la rate*. Cette première opération, qui n'avait nullement empêché l'animal de se réchauffer, fut suivie d'une série de sommeils et de réveils normaux. Au moment de la seconde opération, la rate avait subi une dégénérescence caséeuse complète.

En même temps que l'on faisait l'extirpation de l'intestin et du rein, on liait l'aorte et la veine cave au-dessous du foie. L'estomac était respecté et ses communications avec la veine porte conservées.

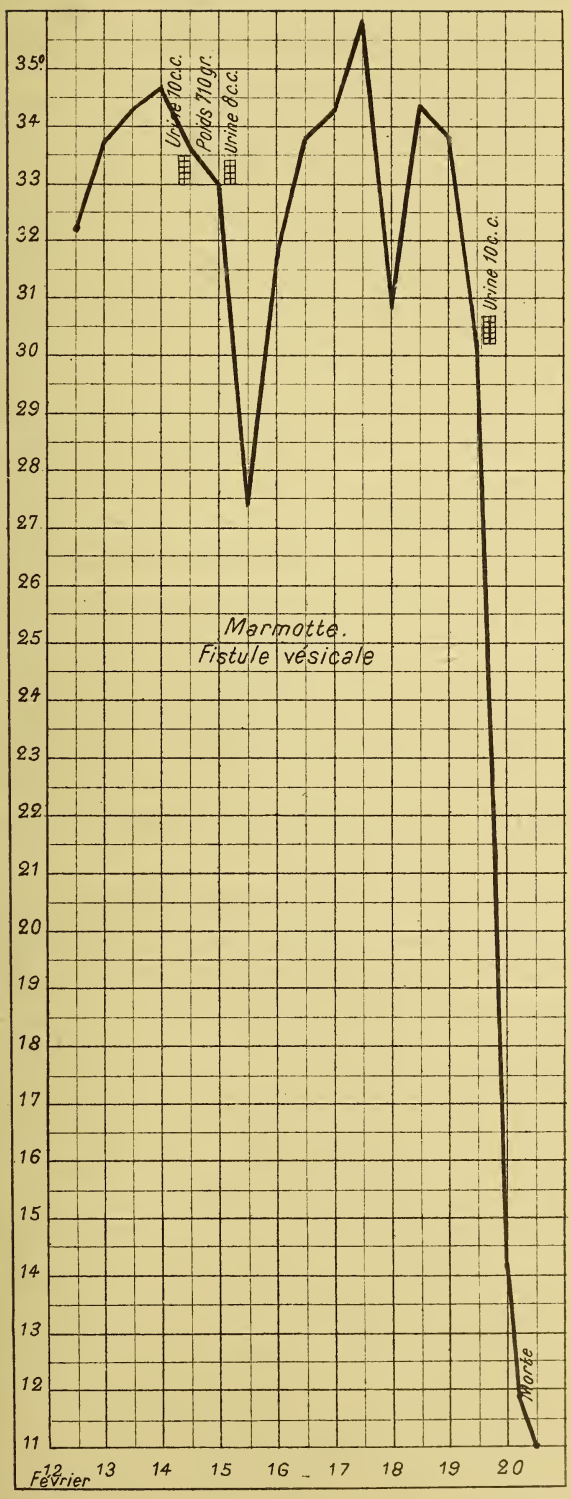
La courbe de la température *(planche 105)* a été semblable à celles qui ont suivi la ligature de la veine porte. La survie a été plus longue qu'après cette opération. Le lendemain matin, le train postérieur était comme en état de rigidité cadavérique. Il y avait encore des réflexes dans la partie antérieure, mais la respiration était imperceptible ; la température rectale ne dépassait pas 12°2. Le nombre des mouvements respiratoires, qui avait commencé à baisser au début de l'arrêt du réchauffement de 16 à 12, était tombé de 9 à 6 pendant la descente.

Sur deux Marmottes, j'ai pratiqué une *fistule vésicale*, permettant le libre écoulement de l'urine au dehors, au fur et à mesure de sa sécrétion. Elles ont été maintenues en état de veille jusqu'à guérison complète des désordres provoqués par l'opération, puis placées de nouveau dans les conditions favorables à l'hivernation. Mes deux Marmottes n'ont pas tardé à tomber en état de torpeur hivernale, suivant le processus normal, mais elles ne se sont pas réveillées, et sont passées du sommeil à la mort, sans transition brusque, avec un abaissement de 24 degrés dans un cas *(planche 102)*, et de 25 dans l'autre.

Le réflexe respiratoire vésico-rectal, toujours très marqué chez la Marmotte en torpeur, peut être provoqué par la réplétion de la vessie et du rectum, et jouer, pour ainsi dire, le rôle de *réveil-matin*, comme cela a lieu chez certaines personnes. J'avais d'abord pensé que ces Marmottes n'avaient pas pu sortir de leur torpeur, parce que le réflexe vésico-rectal leur avait fait défaut au moment voulu, mais j'ai abandonné plus tard cette interprétation, ayant eu l'occasion d'observer chez des Marmottes à moelle coupée, auxquelles on avait dû faire des fistules vésicales pour empêcher la rupture de la vessie, des sommeils et des réveils successifs.

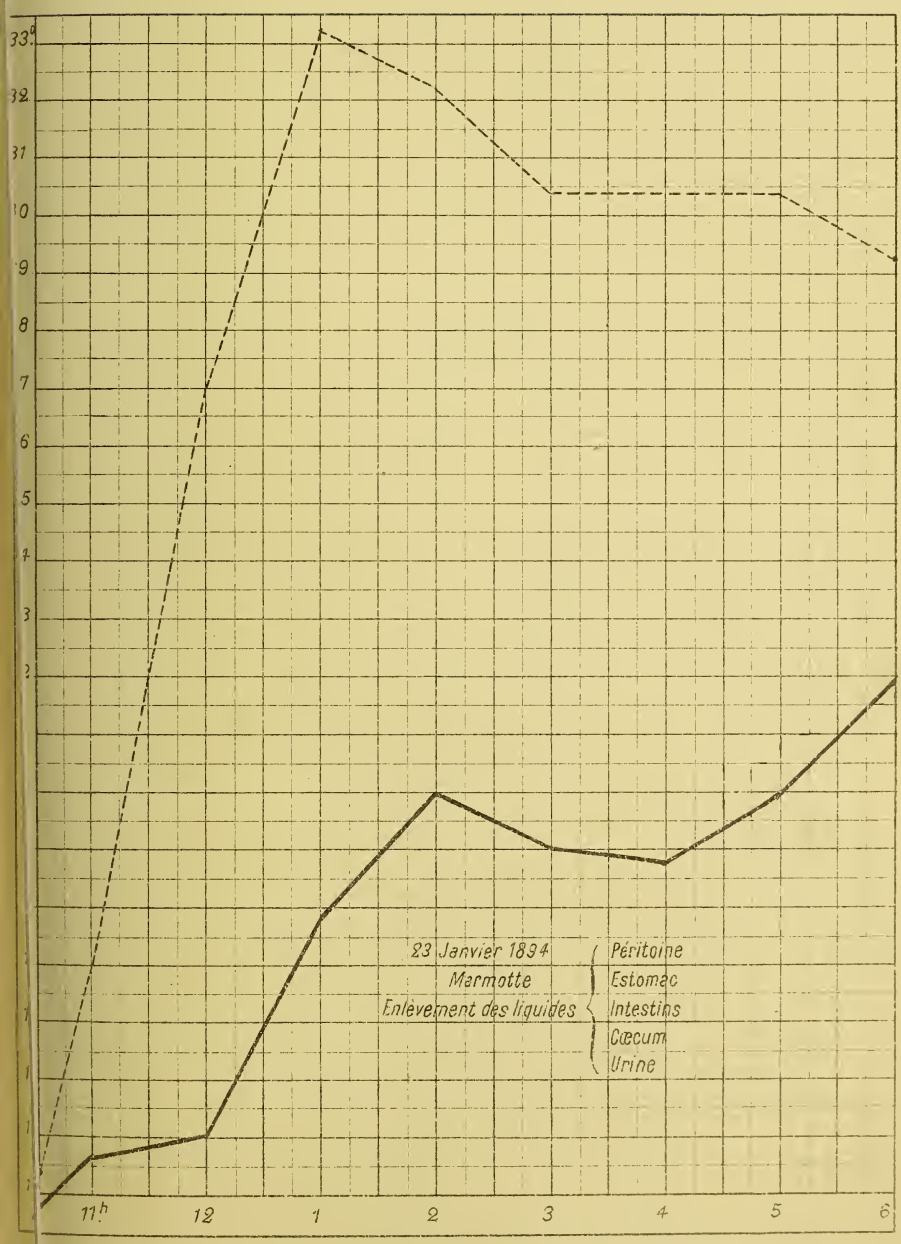
D'autre part, il y a, quoique très rarement, des réveils spontanés, sans urination ni défécation. L'écoulement continu de l'urine au dehors, aussitôt après sa sécrétion, peut constituer aussi une condition très défavorable. En effet, une certaine quantité d'eau de l'urine doit être résorbée au moment du réveil, car la densité de l'urine, recueillie directement par ponctions de la vessie a toujours été inférieure à celle de l'urine émise naturellement après le réveil ; l'organisme est privé de cette réserve quand il existe une fistule.

La *planche 103* montre d'ailleurs que le réchauffement a été incomplet et que l'hypothermie est survenue assez rapidement dans la partie antérieure du corps après l'*enlèvement par ponction des liquides contenus dans le péritoine, l'estomac, l'intestin et la vessie.*

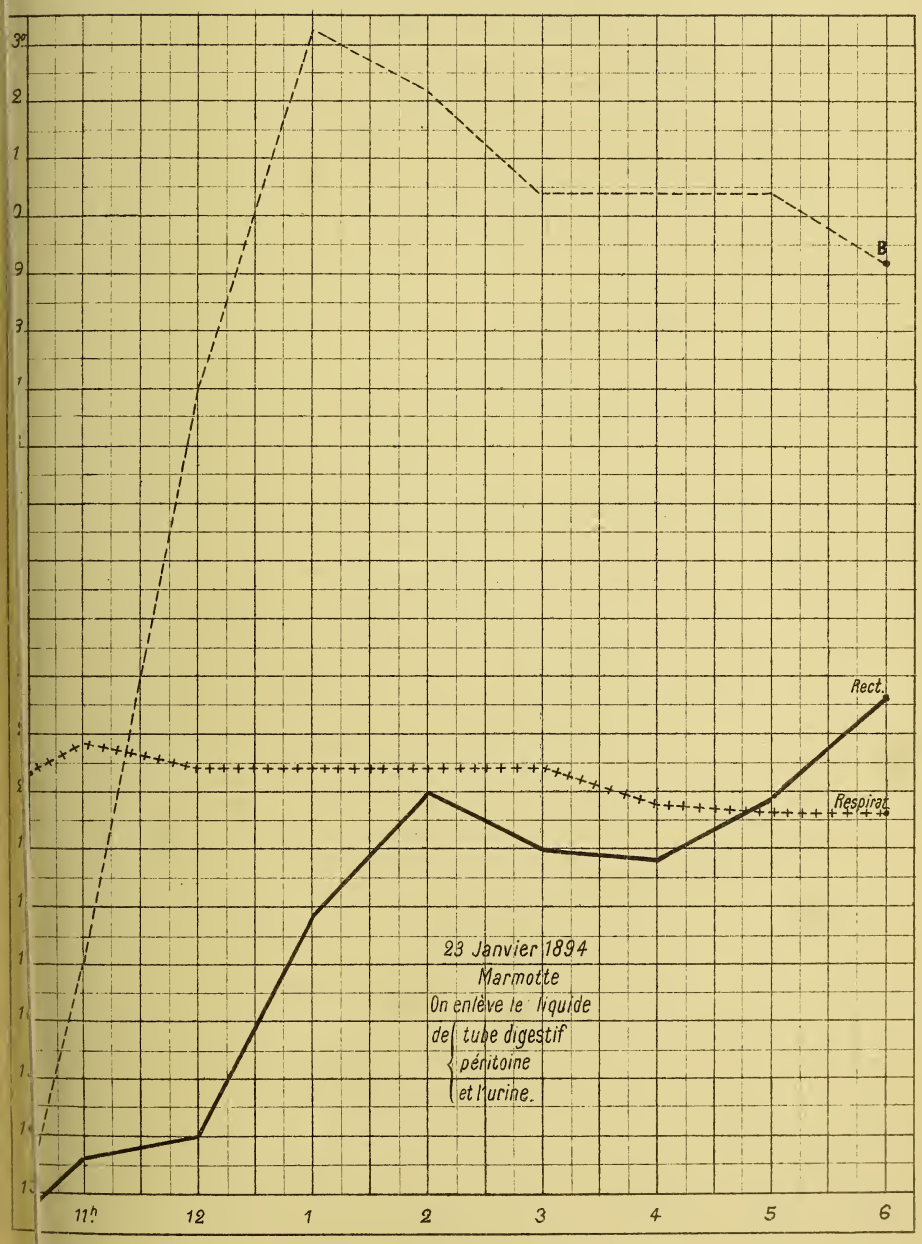

35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
Urine 10c.c.
Poids 710 gr.
urine 8c.c.
Urine 10c.c.
Marmotte.
Fistule vésicale
Morte
Février
12
13
14
15
16
17
18
19
20

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

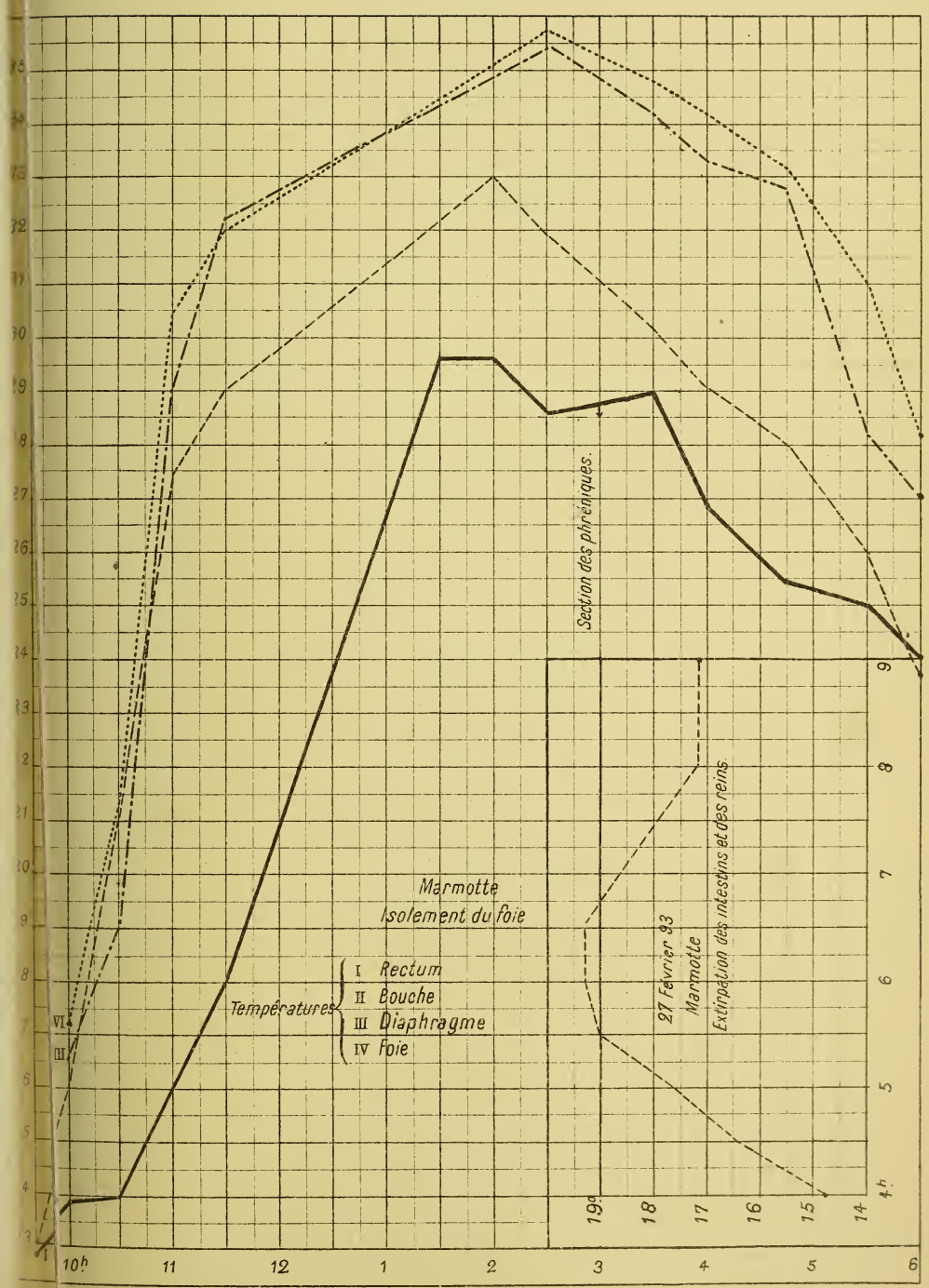
Pl. 103.


33°
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
11h
12
1
2
3
4
5
6
23 Janvier 1894
Marmotte
Enlèvement des liquides
Péritoine
Estomac
Intestins
Cæcum
Urine

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


B
Rect.
Respirat.
23 Janvier 1894
Marmotte
On enlève le liquide
de tube digestif
péritoine
et l'urine.
11h
12
1
2
3
4
5
6

BRITISH MUSEUM
NATUR


Marmotte
Isolement du foie
Températures
I Rectum
II Bouche
III Diaphragme
IV Foie
Section des phréniques.
27 Février 93
Marmotte
Extirpation des intestins et des reins.
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
19a
18
17
16
15
14
4h
5
6
7
8
9

BRITISH MUSEUM
NATURAL

Le réchauffement de la partie postérieure a été également très ralenti, bien que le nombre des respirations pendant toute l'observation ait oscillé entre 21 et 19 par minute *(planche 104)*. Après cette opération, les animaux sont morts en torpeur sans s'être réveillés.

L'*isolement du foie* a permis de reconnaître directement l'importance de cet organe dans le réchauffement *(planche 105)*.

Sur une jeune Marmotte dont la température était de 10 degrés, et seulement supérieure de 2 à 3 dixièmes de degré à celle du milieu, on a ouvert l'abdomen, sectionné les ligaments suspenseurs du foie et isolé celui-ci du diaphragme par une couche d'ouate de verre. La paroi abdominale a été refermée, mais on avait ménagé le passage de thermomètres qui étaient introduits entre le diaphragme et la ouate, ainsi qu'entre les lobes du foie ; dans la bouche et le rectum se trouvaient aussi des thermomètres comparables.

Quatre heures plus tard, la température rectale s'était élevée de 12°8 à 28°6 ; la température buccale, au même moment, était de 32°2 ; celle du foie, de 35°3, alors que le thermomètre placé dans le diaphragme accusait seulement 34°8. Au début, il y avait entre le rectum et le foie, pendant la torpeur profonde, un écart de 3°2. Trois heures après le début du réchauffement, il existait, entre le rectum et le foie, 14 degrés de différence et, au même instant, 3°3 entre cet organe et la bouche. Pendant le refroidissement, c'est le foie qui a conservé la chaleur la plus élevée. La section des nerfs phréniques ne paraît avoir d'ailleurs aucune action, au moins immédiate, sur l'hypothermie. Cette dernière semble avoir été amenée par des perturbations circulatoires abdominales.

L'*isolement du foie* a été encore pratiqué sur une autre Marmotte à laquelle on avait lié la veine cave au-dessus des veines rénales, ainsi que la petite mésentérique. Le foie était couvert d'ouate et son sang s'échappait librement par la section des veines sus-hépatiques. L'animal était dans son septième jour de sommeil ; il avait, par conséquent, une bonne provision de

glycogène. Après l'opération, on a relevé les chiffres contenus dans le tableau suivant :

Heures	Temp. de la paroi abdominale voisine du foie	Bouche	Abdomen	Lobe gauche du foie	Lobe droit du foie
3 heures	14°4	14°4	15°2	18°2	18°7
15	16,8	14,8	15 5	18	18,2
30	15,2	15,2	15,5	17,4	17.4
45	15,2	15,4	15,2	17	16,9
4 heures	15,2	15.6	15,1	16,8	16,9

Dans ce cas, la température du foie s'est montrée, comme on le voit, toujours supérieure à celle des autres points explorés.

Je ne suis pas parvenu à conserver longtemps les Marmottes auxquelles on avait fait subir l'*extirpation du pancréas;* elles n'en ont pas moins fourni des renseignements intéressants au point de vue du réchauffement, puisqu'ils ont montré que l'absence de pancréas n'a sur ce phénomène aucune influence immédiate.

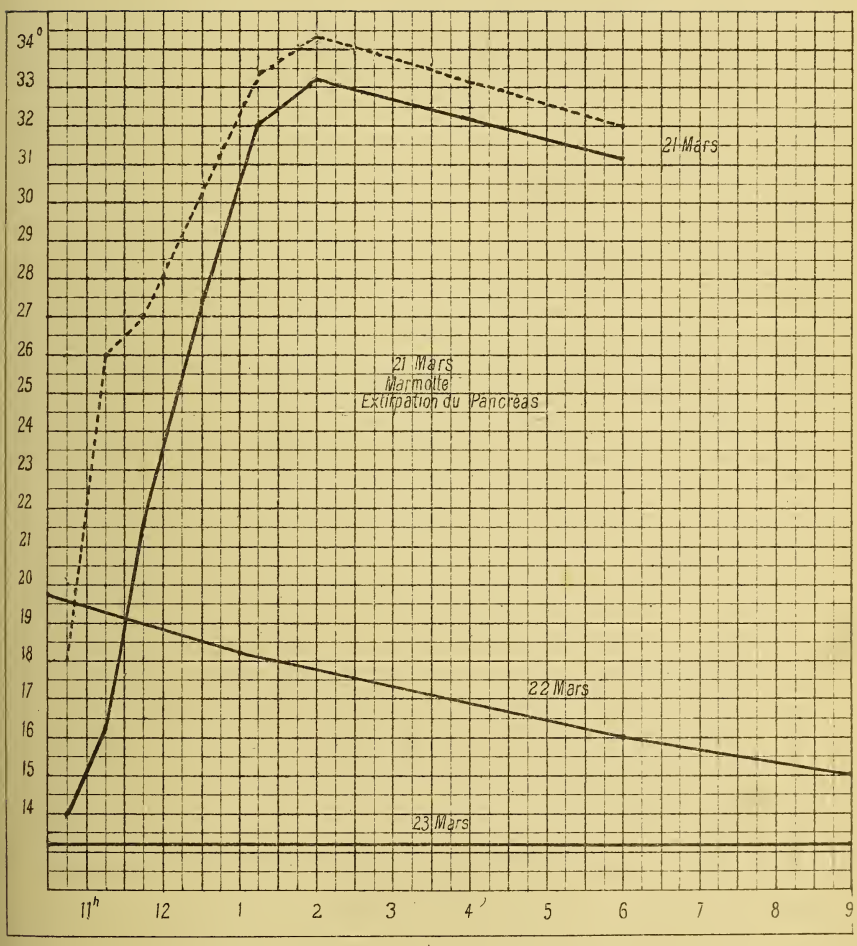
La première Marmotte était dans son deuxième jour de sommeil ; après l'opération, elle s'est réchauffée presque aussi vite et aussi complètement que dans les conditions normales *(planche 106).* Au bout de trois heures environ, la température a commencé à baisser. Au début du réveil, il y a eu des trémulations musculaires et un hoquet violent et persistant, avec sifflement du larynx, que l'on a fait cesser au moyen d'inhalations d'éther.

Le lendemain matin, l'animal était en boule ; il ne faisait que deux à trois respirations par minute, bien que la température fût encore de 19°6 dans le rectum.

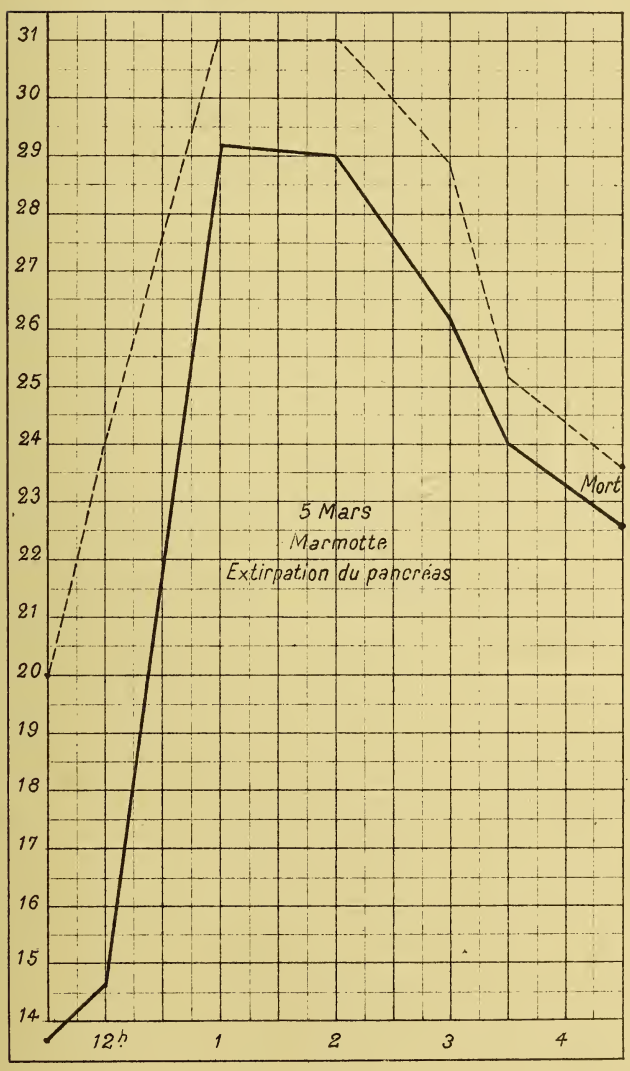
Le surlendemain matin, il n'y avait plus qu'une respiration par minute et la température était de 13°2. L'animal est mort le quatrième jour en torpeur.

L'hypothermie a pu être produite par les désordres qui ont causé la mort.

A l'autopsie, on a reconnu que l'estomac renfermait un

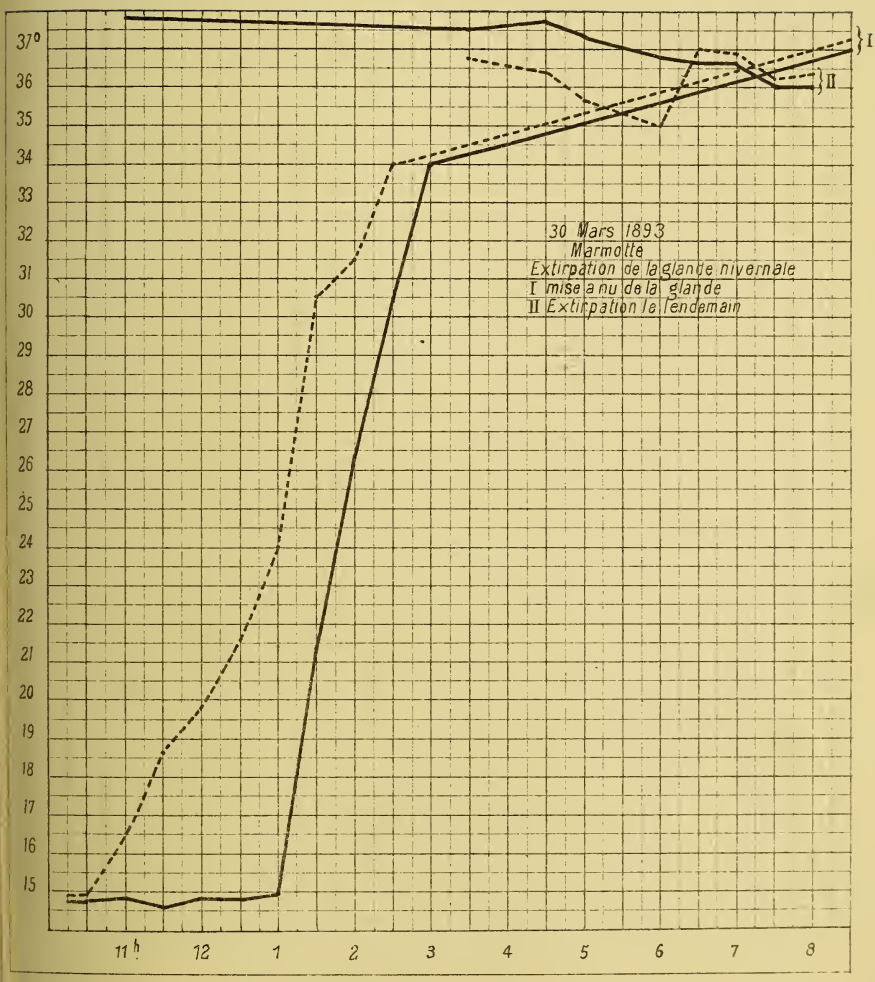

34°
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
21 Mars
21 Mars
Marmotte
Extirpation du Pancréas
22 Mars
23 Mars
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
12h
1
2
3
4
5 Mars
Marmotte
Extirpation du pancréas
Mort

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 108


37°
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
11 h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
I
II
30 Mars 1893
Marmotte
Extirpation de la glande nivernale
I mise a nu de la glande
II Extirpation le lendemain

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

liquide noirâtre, probablement bilieux. La muqueuse pylorique était congestionnée et l'intestin imprégné de bile. Le cæcum était aussi très congestionné et rempli d'un liquide noirâtre. Le gros intestin contenait un exsudat lie de vin avec de l'hémoglobine. Le foie était petit, noirâtre. Dans la vessie, on a trouvé 15 centimètres cubes d'urine d'un jaune clair, avec traces de bile, mais sans sucre.

Dans une seconde expérience *(planche 107)*, la température s'est relevée avec une grande rapidité, mais elle a baissé de même à cause d'une hémorragie abdominale qui s'est produite au cours de l'expérience et a entraîné la mort.

L'*extirpation des glandes hivernales* n'a pas eu d'influence immédiate sur le réchauffement. Dans deux cas, les animaux ont survécu deux à trois jours seulement. On a remarqué, surtout à la suite de l'opération, un frisson très accentué et très persistant, mais la température ne s'est pas abaissée avant la mort.

La deuxième opération *(planche 108)* avait été faite en deux temps, pour distinguer ce qui aurait pu être le résultat de la section des muscles, de la peau et de très nombreux nerfs se rendant à la glande. Malgré la suppression d'une partie de la respiration thoracique, le réchauffement s'est effectué rapidement.

Une *fistule gastrique* ayant été pratiquée sur une Marmotte vigoureuse et profondément endormie, on trouva dans l'estomac 8 à 10 grammes d'un liquide fortement acide, sans glycogène ni sucre. Cet animal s'est réveillé : il a survécu environ un mois et, du sixième au dix-huitième jour, rendu 130 grammes environ d'un liquide acide, composé du mélange du liquide stomacal échappé de la fistule et de l'urine. Il était dans un extrême état de maigreur et est tombé en torpeur avant de mourir.

Une Marmotte qui avait une *fistule cæcale* est morte au bout de quinze jours, après avoir aussi maigri considérablement.

Si on rapproche ces résultats de ceux qui ont été fournis par

les ponctions dont j'ai parlé plus haut, on demeure convaincu que les liquides renfermés parfois en grande quantité dans les diverses cavités viscérales, pendant la torpeur, sont en partie résorbés à de certains moments et qu'ils jouent un rôle important dans les phénomènes de nutrition durant la vie hivernale.

Serbelloni (95) a attribué à la bile, dans l'hivernation, une action de premier ordre tout à fait hypothétique d'ailleurs.

J'ai cherché ce que deviendraient les Marmottes auxquelles on aurait pratiqué *des fistules biliaires avec ligature et résection du canal cholédoque.*

Chez l'une d'elles, la guérison a été complète.

Elle a été opérée le 14 novembre 1895.

Jusqu'au 25 novembre, la nourriture s'est composée de lait : la bile coulait verte et amère.

Le 2 décembre, la bile avait conservé son amertume, mais elle était devenue jaune. L'animal était nourri avec des carottes.

Le 5 décembre, la bile était complètement décolorée et toujours amère.

Le 11 décembre, la plaie était cicatrisée et la bile avait une belle coloration verte.

Depuis cette époque, on n'eut rien de particulier à noter ; la fistule biliaire ne cessait pas de couler. Les poils tombèrent.

La Marmotte est restée jusqu'au 8 avril 1896 sans entrer en torpeur ; elle était tranquille. Mais, le 8 avril, elle est devenue somnolente et s'est engourdie pendant un jour. Il y a eu ensuite de plus longs sommeils.

Deux autres Marmottes auxquelles on avait pratiqué des fistules biliaires avec ligature du canal cholédoque, ont présenté des alternatives de sommeil et de réveil.

Chez une Marmotte qui avait une *fistule biliaire, mais sans ligature du canal cholédoque*, on a observé des périodes assez longues de sommeil pendant lesquelles il s'écoulait de la bile par la fistule.

A une autre Marmotte, la *vésicule biliaire* a été *enlevée* et le *canal cholédoque lié et coupé* entre les deux ligatures.

Elle avait été opérée le 26 décembre et le 29 elle était engourdie. Depuis cette époque, elle a eu des périodes assez régulières de sommeils et de réveils jusqu'au 29 mars, date de sa mort.

A l'autopsie, la vessie contenait 30 centimètres cubes d'urine incolore renfermant de fortes proportions d'urée, des sels biliaires et donnant faiblement la réaction des pigments. Les parois de la vessie et du cæcum étaient pigmentés.

La vésicule biliaire laisse certainement écouler de la bile pendant le sommeil, mais chez les bêtes éveillées, le foie est toujours plus fortement imprégné de bile que chez les Marmottes en torpeur.

Conclusions du chapitre XV :

1° *La suppression de la rate n'a aucune influence sur les phénomènes de sommeil et de réveil, de réchauffement ou d'hypothermie ;*

2° *L'extirpation des intestins avec celle des reins produit le même résultat que la ligature du tronc hépatique de la veine porte ;*

3° *Le réflexe vésical ou rectal peut être une cause de réveil quand la vessie ou le rectum sont distendus par les excreta, mais ce n'est pas la seule ;*

4° *Cependant plusieurs Marmottes ayant des fistules vésicales sont mortes après être tombées en torpeur, comme si quelque chose d'indispensable au réveil leur avait fait défaut ;*

5° *Quand on retire par ponctions les liquides accumulés dans le péritoine, l'estomac, l'intestin et la vessie, le réchauffement est troublé, les animaux se refroidissent plus tard et meurent en torpeur. L'établissement de fistules gastrique et cæcale a conduit aux mêmes conclusions ;*

6° *L'isolement du foie des autres parties voisines par des*

corps mauvais conducteurs permet de reconnaître directement qu'il est un foyer calorifique important ;

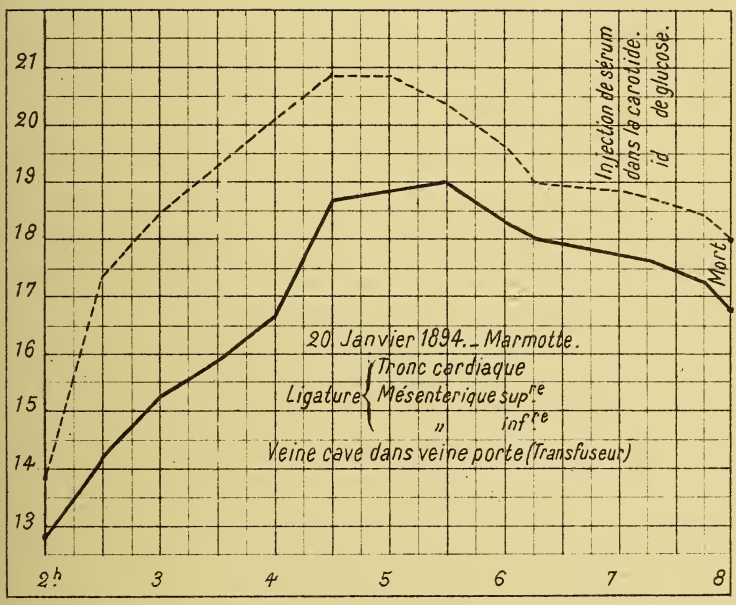
7° *L'extirpation du pancréas n'a pas d'influence directe sur le réchauffement de réveil ;*

8° *Il en est de même pour l'extirpation des glandes hivernales ;*

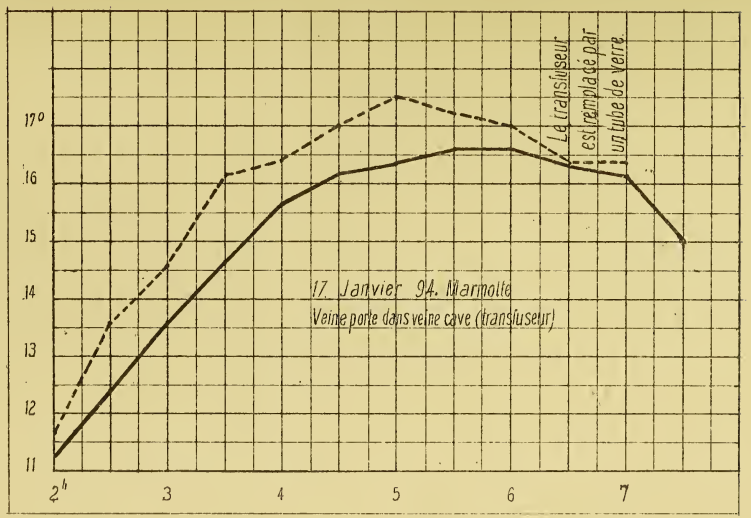
9° *Les fistules biliaires laissent échapper de la bile dans le sommeil, comme dans la veille, mais les pigments biliaires se forment principalement dans la veille ;*

10° *La fistule biliaire avec ligature du canal cholédoque, de même que l'extirpation de la vésicule avec ligature et section des voies biliaires, n'empêchent pas les sommeils et les réveils spontanés de se produire. Pourtant la résorption de la bile paraît plutôt favoriser l'état d'hivernation.*

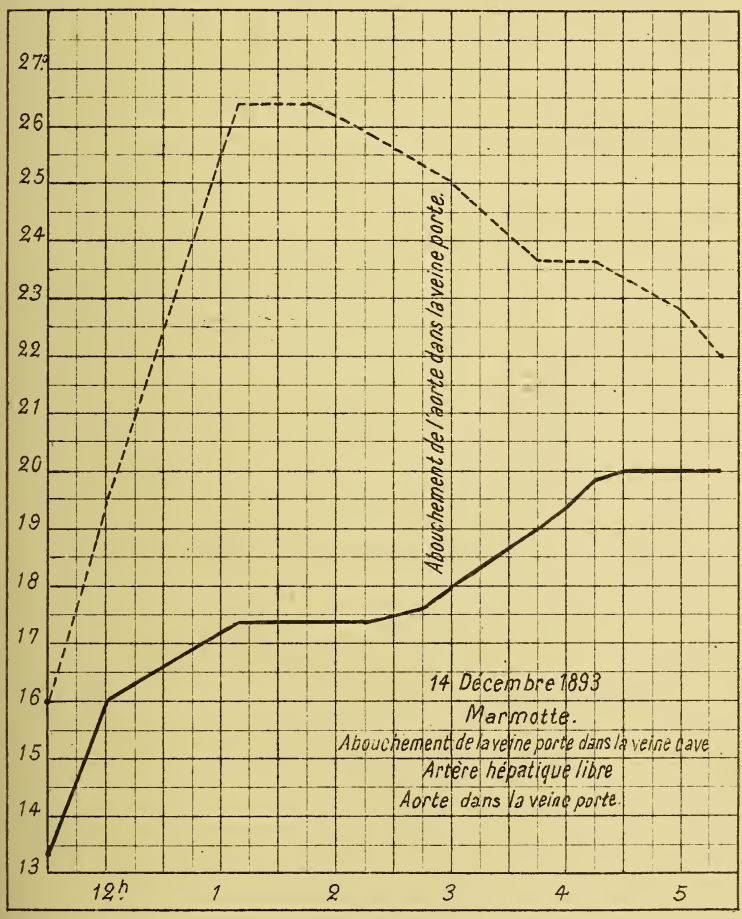
Pl. 109


21
20
19
18
17
16
15
14
13
2h
3
4
5
6
7
8
Injection de sérum dans la carotide.
id de glucose.
Mort
20 Janvier 1894. – Marmotte.
Ligature
Tronc cardiaque
Mésentérique supre
" infre
Veine cave dans veine porte (Transfuseur)

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


17°
16
15
14
13
12
11
2h
3
4
5
6
7
17. Janvier 94. Marmotte
Veine porte dans veine cave (transfuseur)
Le transfuseur est remplacé par un tube de verre

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


27°
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12h
1
2
3
4
5
Abouchement de l'aorte dans la veine porte.
14 Décembre 1893
Marmotte.
Abouchement de la veine porte dans la veine cave
Artère hépatique libre
Aorte dans la veine porte.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

CHAPITRE XVI

INFLUENCE DE CERTAINES MODIFICATIONS DE LA CIRCULATION SANGUINE ET DE DIVERS PRODUITS NORMAUX INTRODUITS DANS LA CIRCULATION SUR LA THERMOGENÈSE CHEZ LA MARMOTTE

I. *Ligature du tronc cœliaque, des artères mésentériques supérieure et inférieure. — Transfusion du sang de la veine cave dans la veine porte (planche 109).*

On a observé des trémulations musculaires dès le début de la transfusion, mais elles ont cessé au bout d'une heure. La respiration, accélérée au début, est tombée de 32 inspirations à 20, puis à 12 par minute. La température s'est d'abord relevée, mais lentement, pour s'abaisser ensuite, comme après la ligature simple de la veine porte. On a injecté dans la carotide successivement du sérum artificiel et une solution de glucose dans le but de relever la température, mais sans succès.

La *planche 117* montre un résultat analogue.

II. *Transfusion du sang de la veine porte dans la veine cave à l'aide d'une seringue à double effet (planche 110).*

Dans cette expérience inverse, la Marmotte s'est comportée également comme après la ligature de la veine porte [1].

[1] A la suite de la fistule d'Eck de la veine porte et de la veine cave, on a toujours constaté un abaissement de la température interne *(in recto)*

III. *Abouchement de la veine porte dans la veine cave et de l'aorte dans le tronc porte hépatique (planche 111.)*

Comme dans les expériences précédentes, la courbe thermométrique est à peu près la même qu'après la simple ligature de la veine porte. Peut-être ici le réchauffement a-t-il été un peu plus rapide et un peu plus complet dans la partie antérieure du corps, mais cela peut tenir à ce que le réveil était déjà avancé quand l'abouchement a été fait. L'arrivée du sang de l'aorte dans le tronçon hépatique de la veine porte n'a pas relevé la température, qui a continué à baisser dans la partie antérieure du corps. Après un temps d'arrêt, il y a eu, dans le train postérieur, une élévation de 3 degrés, difficile à expliquer. L'artère hépatique avait été respectée.

IV. Dans un autre cas semblable *(planche 117)*, la courbe thermométrique a présenté la plus grande analogie.

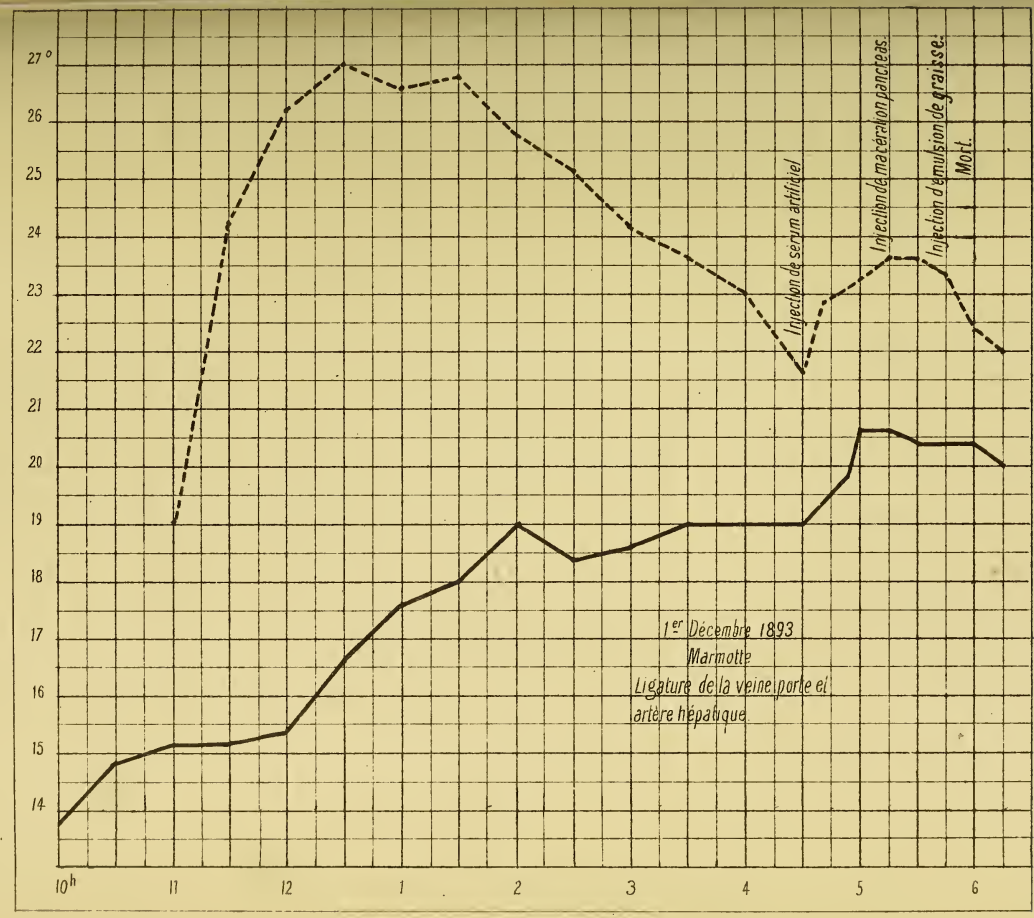
V. L'*abouchement de la veine porte dans la veine cave avec ligature de l'artère hépatique (planche 118)* a été suivi d'un commencement de réchauffement très lent et très incomplet.

VI. *Injections successives dans le tronçon hépatique de la veine porte de sérum artificiel, de macération de pancréas et*

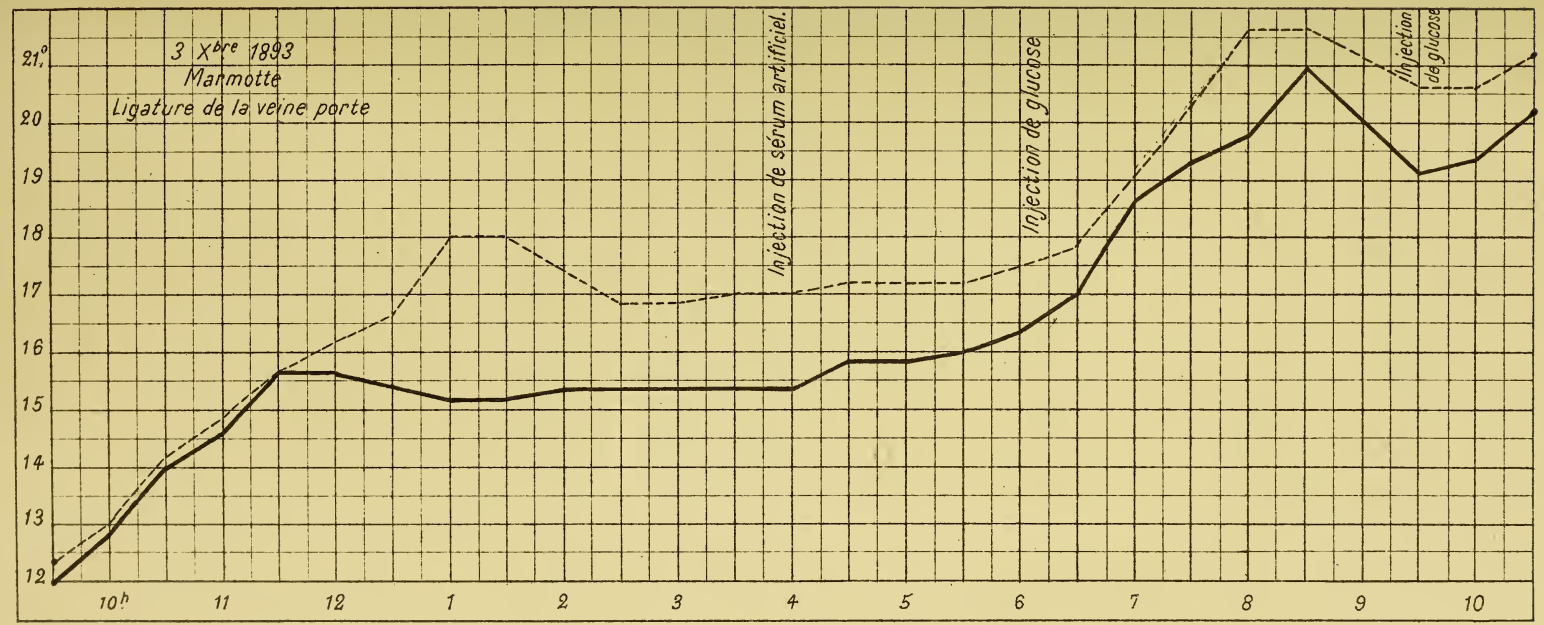
après l'opération. « Les animaux se couchent et dorment presque tout le temps. » On a noté aussi du coma, de la perte de la sensibilité et de la conscience. V. *la fistule d'Eck de la veine cave inférieure et de la veine porte et de ses conséquences pour l'organisme*, par Hahn, Massen, Nenck, Pawlow *(Arch. des Sc. biol. de l'Institut impérial de médecine expérimentale*, Saint-Pétersbourg, 1895).

Oré avait déjà observé qu'à la suite de la ligature de la veine porte il y avait un abaissement de température et qu'une des conditions de réussite pour l'oblitération lente de la veine était que les chiens fussent placés dans un milieu à température assez élevée.

J'ai noté un abaissement considérable de la température chez une chienne dont la veine porte avait été réunie à la veine cave inférieure par un tube. V. *transformation du chien en animal à sang froid (C. R. Soc. de biol.*, 1895).

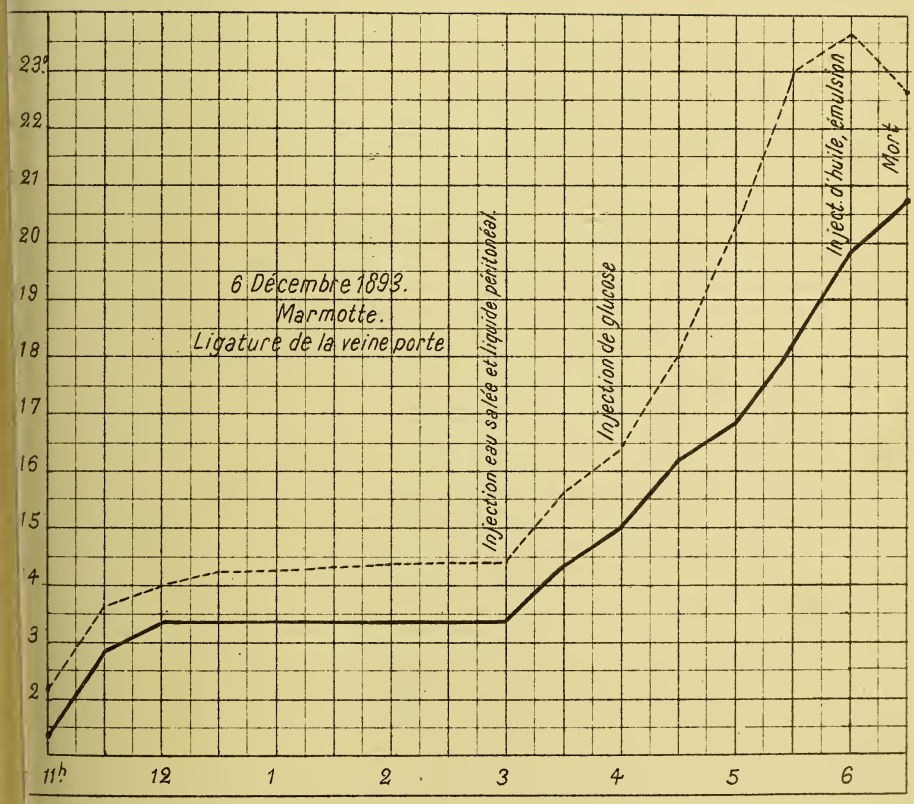

27°
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
Injection de serum artificiel
Injection de macération pancréas.
Injection d'emulsion de graisse.
Mort.
1er Décembre 1893
Marmotte
Ligature de la veine porte et
artère hépatique

BRITISH MUSEUM
NATURAL HIST.

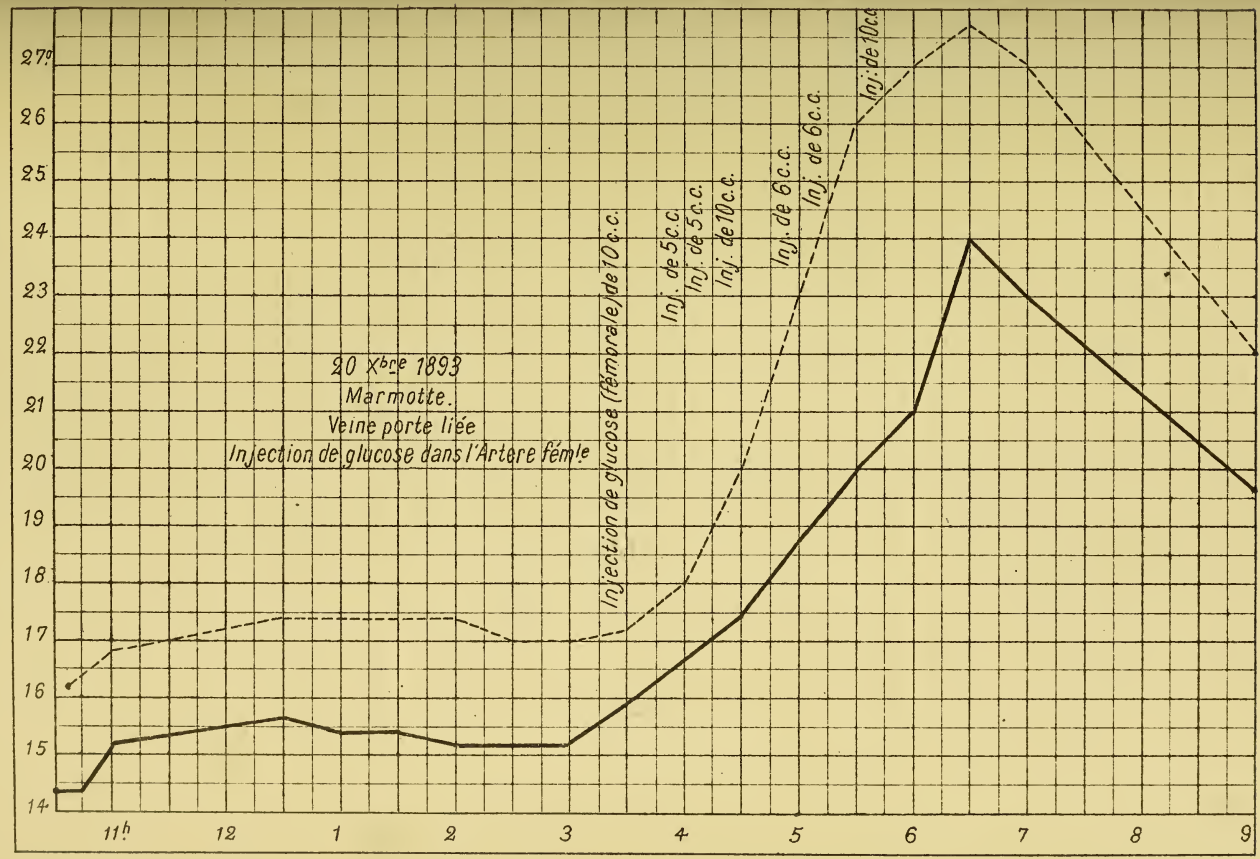

3 Xbre 1893
Marmotte
Ligature de la veine porte
Injection de sérum artificiel.
Injection de glucose
Injection de glucose
21,°
20
19
18
17
16
15
14
13
12
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

BRITISH MUSEUM
NAT. HIST.

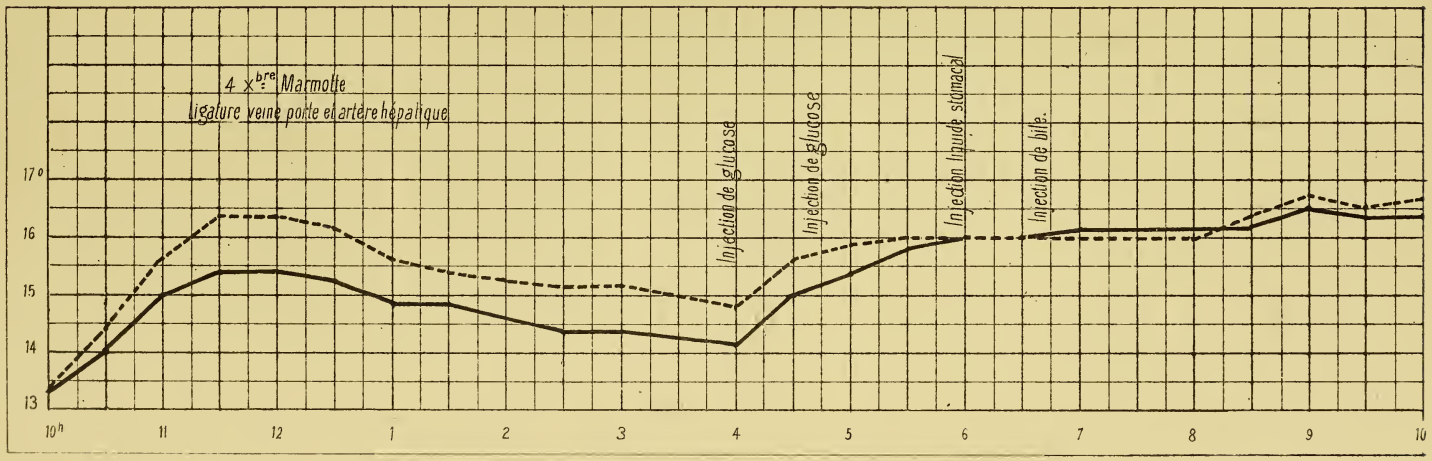
Pl. 114.


23°
22
21
20
19
18
17
16
15
4
3
2
11h
12
1
2
3
4
5
6
6 Décembre 1893.
Marmotte.
Ligature de la veine porte
Injection eau salée et liquide péritonéal.
Injection de glucose
Inject. d'huile, émulsion
Mort

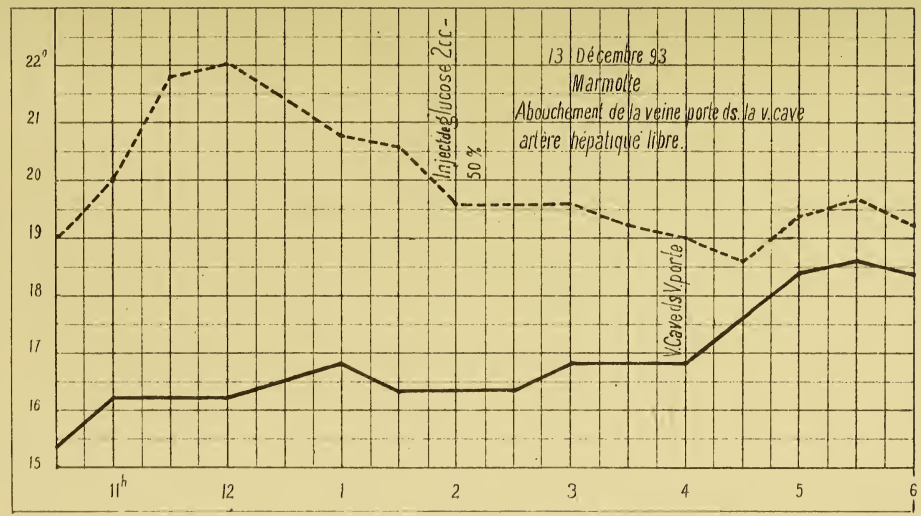
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


27°
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
11h
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
20 Xbre 1893
Marmotte.
Veine porte liée
Injection de glucose dans l'Artère fémle
Injection de glucose (fémorale) de 10 c.c.
Inj. de 5 c.c.
Inj. de 5 c.c.
Inj. de 10 c.c.
Inj. de 6 c.c.
Inj. de 6 c.c.
Inj. de 10 c.c.

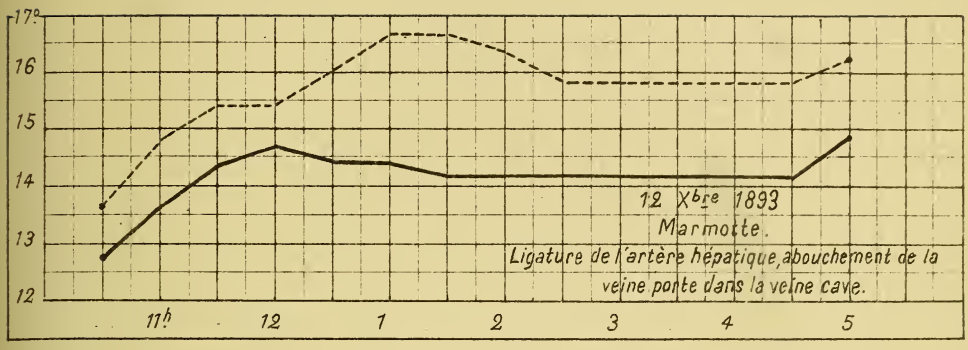
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

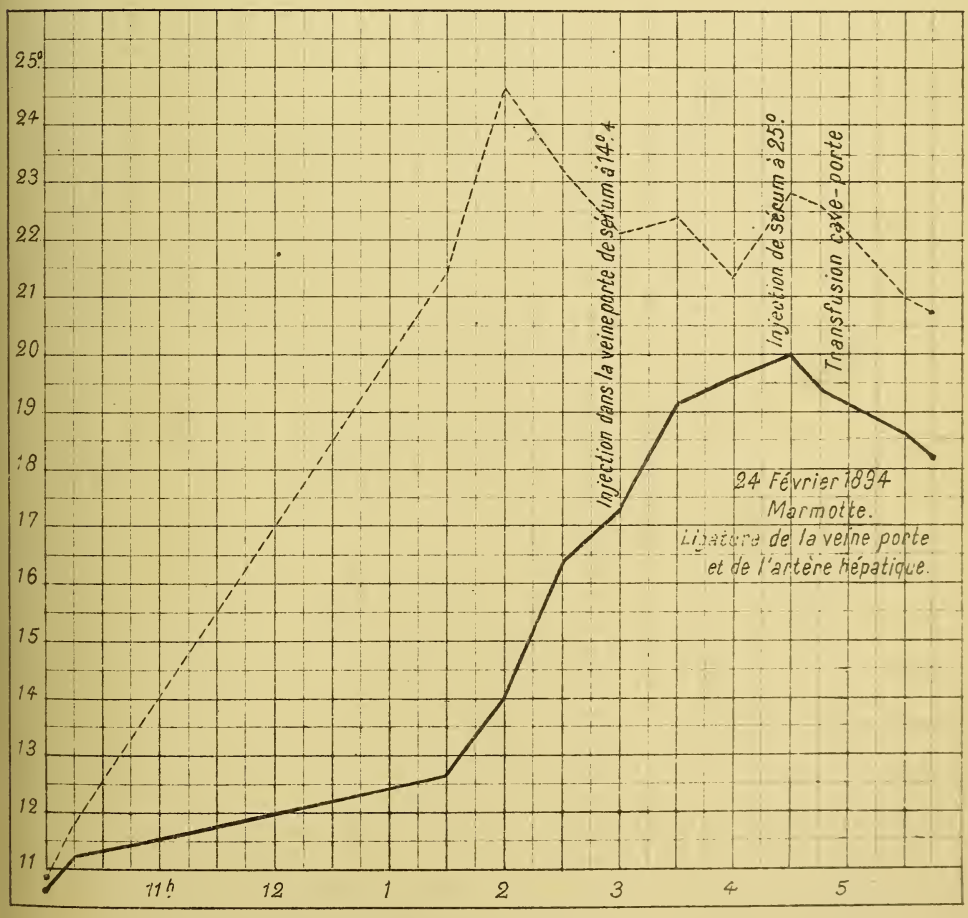

4 x^bre Marmotte
Ligature veine porte et artère hépatique
Injection de glucose
Injection de glucose
Injection liquide stomacal
Injection de bile.
17°
16
15
14
13
10h
11
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


13 Décembre 93
Marmotte
Abouchement de la veine porte ds. la v. cave
artère hépatique libre.
Injection de glucose 2 cc -
50 %
V. Cave ds V. porte
22°
21
20
19
18
17
16
15
11h
12
1
2
3
4
5
6

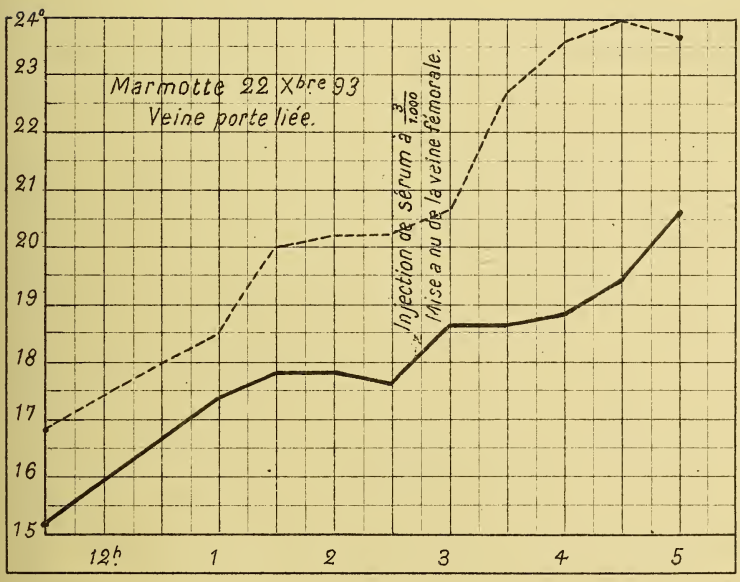
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


17°
16
15
14
13
12
11h
12
1
2
3
4
5
12 Xbre 1893
Marmotte.
Ligature de l'artère hépatique, abouchement de la veine porte dans la veine cave.


25°
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
11h
12
1
2
3
4
5
Injection dans la veine porte de sérum à 14°.4
Injection de sérum à 25°.
Transfusion cave-porte
24 Février 1894
Marmotte.
Ligature de la veine porte et de l'artère hépatique.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 119.


Marmotte 22 Xbre 93
Veine porte liée.
Injection de sérum à 3/1000
Mise à nu de la veine fémorale.
24°
23
22
21
20
19
18
17
16
15
12h
1
2
3
4
5

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

d'émulsion pancréatique de corps gras après ligature de la veine porte et de l'artère hépatique (planche 112.)

Une première injection très lente de 38 centimètres cubes d'une solution de chlorure de sodium à 3 pour 1000 a relevé la température s'abaissant rapidement dans la partie antérieure. La température rectale, qui était stationnaire, s'est également relevée. Les autres injections ont été suivies d'hypothermie.

VII. *Injection de sérum artificiel dans la veine fémorale, la veine porte étant liée (planche 119).*

La Marmotte était dans son troisième jour de sommeil. Trois heures après la ligature de la veine porte, la température restant stationnaire dans la bouche et commençant à baisser dans le rectum, on fit une injection de sérum (eau salée à 3 pour 1000) dans la veine fémorale. En deux heures et demie, il y eut un réchauffement de 3°5 dans la bouche et de 2 degrés dans le rectum. On n'a pas observé de trémulations; il n'y a pas eu d'accélération de la respiration. A la fin de l'expérience, on put faire apparaître les trémulations en substituant à l'eau salée une solution de glucose.

VIII. *Injection d'une solution de glucose dans la veine fémorale après arrêt du réchauffement par ligature de la veine porte (planche 115).*

L'animal était dans son quatrième jour de sommeil; les températures buccale et rectale commençant à baisser, quatre heures et demie après la ligature de la veine porte, on injecta dans l'artère fémorale 10 centimètres cubes d'une solution de glucose à 1 pour 6. La température se releva aussitôt et, en répétant les injections, elle remonta, en trois heures, dans la bouche, de près de 11 degrés, et dans le rectum, de 8 degrés.

Mais, malgré la continuation des injections, l'hypothermie se montra subitement trois heures et quart après le commencement du réchauffement.

Après les injections de glucose, il y avait des trémulations très accentuées dans les points où elles se montrent ordinairement.

L'animal mourut le lendemain et, à l'autopsie, on ne constata que les lésions accompagnant ordinairement la ligature de la veine porte, c'est-à-dire un pointillé hémorragique du mésentère et une forte congestion de l'estomac et de l'intestin grêle.

IX. *Injections successives d'eau salée et d'eau sucrée après ligature de la veine porte (planche 113).*

Chez une Marmotte en sommeil depuis quatre jours, l'injection d'eau salée, au moment où la température devenait stationnaire l'a relevée légèrement, en même temps que l'amplitude des mouvements respiratoires. Mais l'augmentation de l'amplitude et de la rapidité des mouvements respiratoires, ainsi que celle du réchauffement, ont été beaucoup plus marquées après une injection de 30 centimètres cubes de solution de glucose. Une nouvelle injection, faite quelques instants après le commencement de l'hypothermie, a encore notablement relevé la température. L'expérience n'a pas été poursuivie, et la bête est morte le lendemain en torpeur.

X. *Injection de sérum artificiel et de lymphe, de solution de glucose, d'émulsion d'huile (planche 114).*

La Marmotte était dans son cinquième jour de sommeil. La température étant stationnaire, quatre heures après la ligature de la veine porte, on injecte lentement un mélange composé de parties égales de lymphe péritonéale et d'eau salée à 3 pour 1000. Il y a eu un relèvement assez rapide de la température. Une heure plus tard, on a fait une injection aqueuse de glucose à 5 pour 20, par petites fractions ; il s'est produit aussitôt des trémulations. On a continué à injecter le liquide sucré, par fractions, de dix en dix minutes ; les trémulations se sont accentuées. On a recommencé à 5 h. 1/2 une nouvelle injection, mais, au bout d'une demi-heure, l'hypothermie s'est manifestée. On a fait alors une injection d'huile émulsionnée dans l'eau, à l'aide d'un peu de bicarbonate de soude, mais la température de la partie antérieure du corps a fléchi

rapidement et l'animal est mort en peu de temps avec les intestins très congestionnés.

XI. *Injections de glucose, de liquide stomacal, de bile après ligature de la veine porte et de l'artère hépatique (planche 116).*

Sur une Marmotte, dans son deuxième jour de sommeil, on a enlevé les liquides stomacal et péritonéal, et lié la veine porte et l'artère hépatique. Les trémulations se sont produites de très bonne heure (temp. rect. = 13°4 et temp. bucc. = 13°6), mais elles ont cessé très vite (temp. rect. 15°4 et temp. bucc. = 16°4). La respiration est restée faible tout le temps : 12, 8, 2, 6, 10, 6, 4 mouvements respiratoires par minute.

Deux heures après l'opération, on a injecté dans la veine porte 38 centimètres cubes d'une solution de glucose à 5 pour 100, et à une température de 13 degrés par fractions; la température s'est légèrement relevée.

L'injection de liquide stomacal et celle de bile n'ont produit aucun résultat évident, si ce n'est qu'après cette dernière, la température rectale a dépassé la température buccale, ce qui est tout à fait exceptionnel. L'animal est mort le lendemain en torpeur.

XII. *Injections de sérum artificiel et transfusion cave porte après ligature de la veine porte et de l'artère hépatique (planche 118).*

L'animal était en torpeur depuis quatre jours ; cinq heures après l'opération, la température buccale s'étant abaissée, on a injecté tous les quarts d'heure de l'eau salée à 3 pour 1000 et à 14°4 dans la veine porte.

La température s'est légèrement relevée, en même temps que les mouvements respiratoires, mais on a fait cette fois, sans succès, la transfusion du sang cave dans la veine porte.

A la fin de l'expérience, le sang de la carotide contenait 8 pour 1000 de sucre.

XIII. *Injections de sérum artificiel et injections de glucose après ligature de la veine porte (planche 113).*

Cette expérience montre qu'après l'injection de sérum artificiel la température s'est très légèrement relevée, mais beaucoup plus avec la solution de glucose ; à deux reprises différentes, celle-ci a provoqué une élévation de température.

J'ai fait un grand nombre d'expériences pour rechercher si le sommeil et le réveil n'étaient pas le résultat de l'activité toxique de *déchets organiques* ou *inorganiques* de la nutrition ou de produits spéciaux fabriqués par l'organisme.

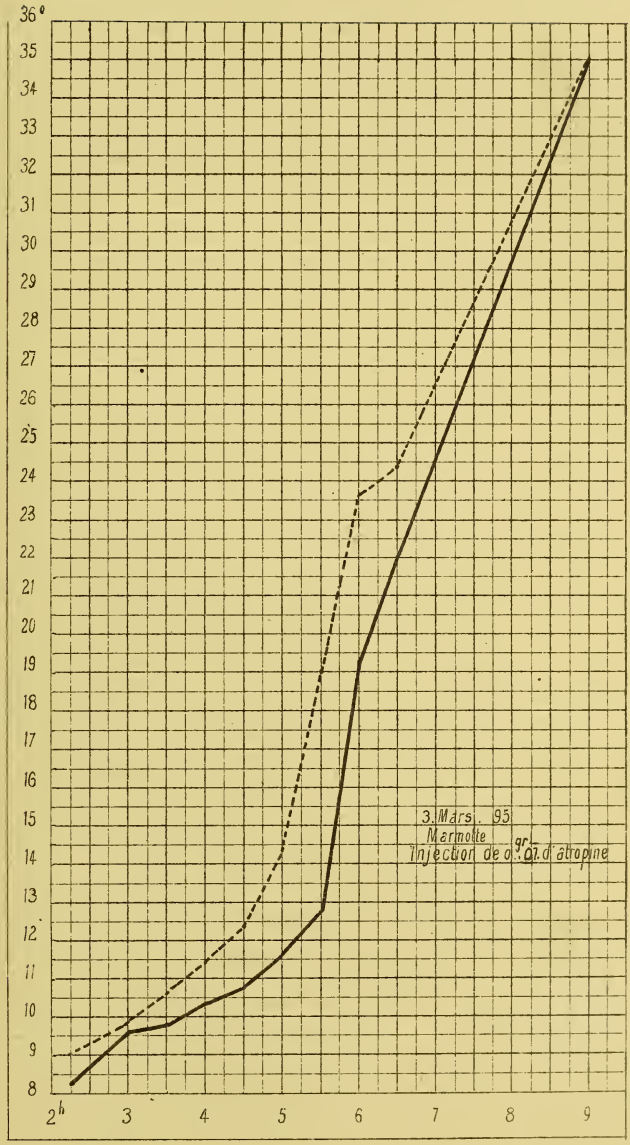
L'*urine* de la veille et du sommeil, les extraits d'*excréments*, la *bile*, le *liquide stomacal* et *intestinal* ont été injectés dans les vaisseaux, le péritoine ou le tissu cellulaire sous-cutané, sans qu'aucun des symptômes observés puisse permettre d'accorder à ces produits une importance particulière dans les phénomènes de l'hivernation.

J'en dirai autant de la lymphe péritonéale, du sérum, du sang artériel ou veineux, soit avant, soit après son passage au travers du foie.

Les muscles et les divers organes de Marmottes tuées en état de veille ou en état de torpeur ont été traités par les procédés usités pour l'extraction des *leucomaïnes* et des *toxines*. Les produits obtenus furent injectés sans résultats intéressants pour la question qui nous occupe. Il en a été de même avec les *sucs des organes* hachés, puis humectés avec du sérum artificiel et soumis à la presse. L'intestin et le rein ont fourni des liquides très actifs, tuant en injection intra-vasculaire, à petite dose, les Lapins avec des convulsions, de l'exorbitisme, du myosis ; mais, ici encore, rien de spécial à l'hivernant n'a pu être relevé.

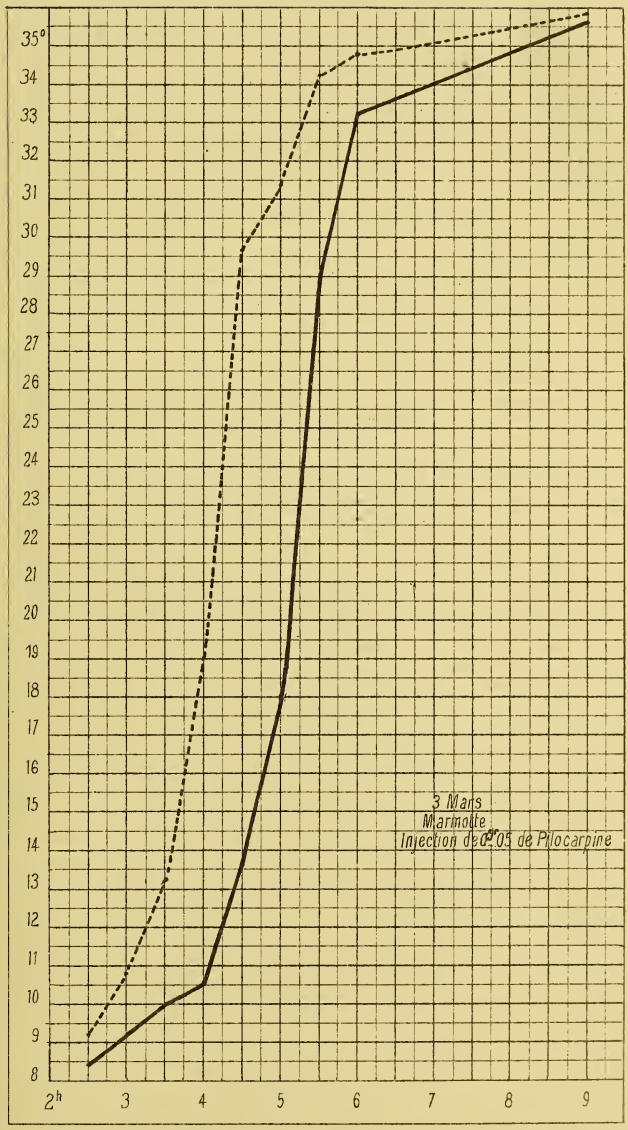
Je n'ai pas négligé l'extraction des *produits volatils* et la recherche de leurs propriétés. Cette investigation était nécessaire, car les tissus des Marmottes présentent un fumet particulier, qui n'est pas le même pendant la veille et pendant la torpeur. En outre, les excréments ont une odeur

Pl. 120.


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
2h
3
4
5
6
7
8
9
3. Mars. 95
Marmotte
Injection de 0gr.01 d'atropine

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Pl. 121.


35°
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
2h
3
4
5
6
7
8
9
3 Mars
Marmotte
Injection de 0g.05 de Pilocarpine

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

musquée très caractéristique et les graisses du foie dégagent, dans certains cas, un parfum éthéré, très subtil et très pénétrant, se rapprochant de celui de l'abricot. Ces produits paraissent inertes aux doses auxquelles ils se rencontrent dans l'organisme.

La distillation a permis encore d'isoler des tissus des Marmottes tuées en état de torpeur, en minime quantité, il est vrai, un liquide clair, incolore, donnant les principales réactions de l'*acétone* avec les réactifs employés pour caractériser ce corps. Peut-être renfermait-il également des traces d'*alcool*.

Mais l'acétone n'est pas, comme on l'a prétendu, un anesthésique comparable à l'éther et au chloroforme et il faut en faire pénétrer dans l'organisme de la Marmotte des doses assez fortes pour obtenir un léger effet soporifique et hypothermique.

L'acétone, comme l'alcool d'ailleurs, ne pourrait intervenir en si petite proportion, dans les phénomènes de sommeil et d'hypothermie, qu'à titre d'adjuvant d'un autre corps plus actif.

Celui-ci n'a été rencontré ni dans les composés fixes. ni même dans les produits distillés.

Cependant, la rapidité avec laquelle la Marmotte passe de la torpeur profonde au commencement du réveil automatique, comme nous passons de l'état de sommeil à celui de veille faisait fortement présumer qu'il s'agissait d'une autonarcose déterminée par un corps volatil s'éliminant par la respiration.

L'importance de cette hypothèse était accrue par ce fait que tout ce qui provoque le réveil détermine en même temps une augmentation du nombre et de l'amplitude des mouvements respiratoires.

En procédant ainsi par élimination, il ne nous restait plus à envisager, comme agent possible d'une autonarcose, que les corps gazeux.

Or, il n'y a dans la Marmotte en torpeur, en fait de gaz, qu'un peu d'azote, de l'oxygène et de l'acide carbonique.

Mais l'analyse des gaz du sang nous a appris que cette hu-

meur, que Claude Bernard appelait avec raison le « milieu intérieur », est toujours riche en *acide carbonique*, chez l'hivernant et que la proportion de ce gaz augmente considérablement dans l'état de sommeil pour diminuer pendant la veille.

Précisément l'acide carbonique a la propriété de diminuer la respiration, la circulation ainsi que la température et de provoquer le sommeil.

Mais pour qu'une théorie du sommeil soit admise *sans conteste*, il faut qu'elle explique l'enchaînement normal et nécessaire qui rattache les uns aux autres, le travail, la fatigue, le sommeil. la réparation et le réveil.

L'*autonarcose carbonique* explique tout cela et d'autres choses encore, ainsi que nous le démontrerons expérimentalement dans un prochain chapitre.

Conclusions du chapitre XVI :

1° *La transfusion du sang de la veine porte dans la veine cave, ou inversement de la veine cave dans la veine porte, a produit à peu près les mêmes effets que la ligature de la veine porte au point de vue du réchauffement;*

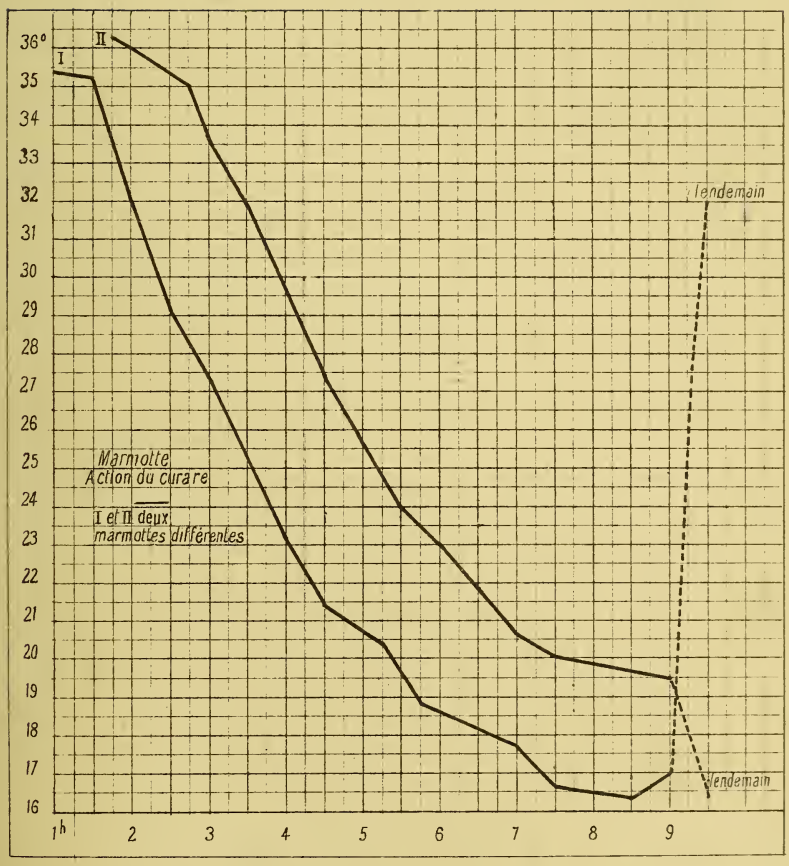
2° *L'abouchement de l'aorte dans le tronc hépatique porte n'a pas empêché l'hypothermie de s'accentuer après abouchement de la veine porte (tronçon intestinal) avec la veine cave;*

3° *Les injections de sérum artificiel dans le tronçon hépatique porte peuvent, dans une certaine mesure, relever la température abaissée par ligature de la veine porte;*

4° *Les injections de macération pancréatique ou de graisses émulsionnées par ce liquide, n'ont donné, dans le même cas, aucun résultat;*

5° *Après hypothermie provoquée par la ligature de la veine porte, les injections de sérum artificiel, dans ce vaisseau ou dans la veine fémorale, peuvent momentanément relever la*

Pl. 122.


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
I
II
Marmotte
Action du curare
I et II deux
marmottes différentes
lendemain
lendemain
1h
2
3
4
5
6
7
8
9

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

température, mais d'une manière bien moins efficace et moins durable que les injections de solution de glucose ;

6° *Les injections de glucose ne font parfois qu'arrêter l'hypothermie, mais cela est exceptionnel ;*

7° *Les injections intravasculaires, péritonéales ou sous-cutanées de lymphe, de sérum du sang, de liquide stomacal ou intestinal, de bile, de sucs ou de principes extractifs des divers tissus, des urines et des excréments, ainsi que des produits volatils retirés par distillation, ne fournissent aucun indice sur la cause du sommeil et du réveil, du réchauffement ou de l'hypothermie automatiques.*

8° *Il n'en est pas de même d'un produit gazeux formé par l'organisme : l'acide carbonique.*

CHAPITRE XVII

INFLUENCE DE L'INTRODUCTION DE CERTAINES SUBSTANCES TOXIQUES DANS LA CIRCULATION SUR LES PHÉNOMÈNES DE THERMOGENÈSE, DE VEILLE ET DE SOMMEIL

L'injection sous-cutanée d'1 centigramme de sulfate d'atropine n'a pas modifié bien sensiblement la courbe normale du réchauffement. On remarque seulement sur celle de la *planche 120* certaines particularités qui se retrouvent dans les graphiques thermométriques établis après la section des pneumogastriques.

Après l'*injection de 5 centigrammes de chlorhydrate de pilocarpine*, le réchauffement de réveil a été normal, plutôt un peu accéléré *(planche 121)*; l'animal a salivé vers la fin du réchauffement, mais il s'est comporté ensuite comme après un réveil ordinaire.

La *curarisation pendant la veille et le sommeil* a donné lieu à des remarques intéressantes.

Sur deux Marmottes en état de veille et ayant respectivement des températures rectales de 36°2 et 35°4, on a fait la trachéotomie et la respiration artificielle avec 18 insufflations par minute, précédées par une injection de curare dans la région inguinale. La température de la première Marmotte s'est abais-

sée de 16 degrés en six heures et celle de la seconde à peu près de 19 degrés dans le même laps de temps *(planche 122)*.

La première Marmotte abandonnée à elle-même a été trouvée en torpeur le lendemain. La seconde ayant eu des mouvements respiratoires spontanés, on suspendit la respiration artificielle et le réchauffement commença aussitôt.

Chez ces deux sujets, la résolution musculaire s'était produite assez vite ; mais, pour les raisons que j'ai indiquées à propos du rôle de la moelle, on ne peut attribuer l'hypothermie à la suppression générale de la tonicité musculaire.

Au contraire, cette expérience met bien en évidence ce que nous avons établi précédemment, à savoir qu'un des principaux foyers de réchauffement se trouve dans les muscles respiratoires qui sont en état d'incessante activité à l'état normal.

La température buccale a d'ailleurs baissé plus vite que celle du rectum.

La curarisation pratiquée chez la Marmotte endormie a empêché le réchauffement de se produire.

Après avoir fait la trachéotomie et pratiqué la respiration artificielle avec 16 insufflations par minute, on a injecté dans la jugulaire 2 centimètres cubes d'une solution de curare à 5 pour 100. A ce moment, les mouvements du cœur étaient très faibles, mais on pouvait compter cependant 48 battements par minute. Au bout de quinze minutes, la résolution musculaire était complète. En enfonçant une aiguille dans le cœur, on a constaté qu'il y avait d'abord 28 battements, puis 52, 36, et finalement 20 deux heures et demie après l'injection.

La température rectale était presque la même qu'au début, de 14°8 dans le rectum et de 14°5 seulement dans la bouche. On sait que dans les conditions normales, c'est toujours la température buccale qui est la plus élevée, mais le principal foyer de réchauffement pour la partie antérieure du corps étant supprimé, cette différence tend à disparaître, et on obtient un résultat inverse.

Les températures suivantes ont été relevées à l'aide d'un thermomètre Baudin gradué en dixièmes de degré :

Température du rectum	14°7
— de la bouche.	14°2
— du foie	15°2

Dans ces conditions, comme dans la torpeur, c'est le foie qui devient le principal foyer calorifique.

On a trouvé, pour 1000 grammes de foie, $4^{gr}68$ de sucre et $4^{gr}44$ de glycogène.

Le sang contenait $1^{gr}76$ de sucre, ce qui n'existe pas dans l'état de torpeur, seulement il ne pouvait servir à la calorification, n'étant pas utilisé par les muscles respiratoires, mais par le cœur seulement. Cet organe, à lui seul, ne produit pas assez de chaleur pour relever la température.

J'ai montré précédemment pourquoi la respiration artificielle ne pouvait pas être considérée comme la cause du refroidissement ou de l'absence de réchauffement.

Les *inhalations de vapeurs anesthésiques de chloroforme* ont donné quelques résultats intéressants. Le mélange de 10 grammes de chloroforme volatilisé dans 100 litres d'air permet d'endormir assez facilement les Marmottes éveillées.

Chez une Marmotte ayant une température rectale de 37°2, on a pu continuer pendant deux heures quarante minutes l'inhalation ; à ce moment seulement, les intermittences de la respiration ont nécessité la suspension de l'anesthésie ; la température s'était abaissée à 28°6, seulement on verra plus tard qu'il existe un autre agent anesthésique beaucoup plus hypothermisant.

Les arrêts respiratoires se produisent, chez les Marmottes endormies au moment où apparaissent la résolution musculaire et l'insensibilité. J'attribue ce phénomène à ce que, pendant le sommeil, la respiration est principalement diaphragmatique : or, l'inhalation de chloroforme a précisément pour effet chez

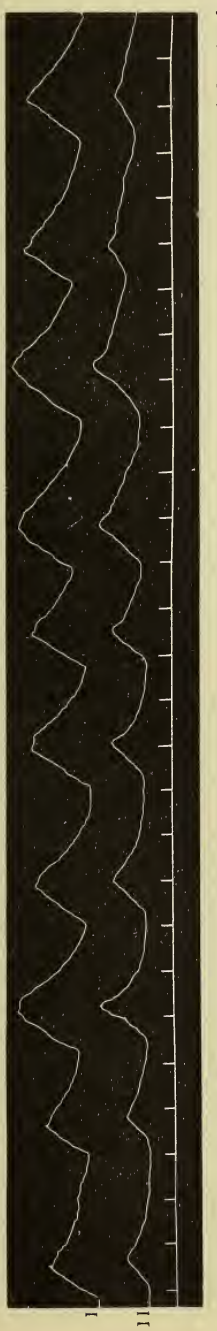


Fig. 114. — *Graphique respiratoire d'une Marmotte éveillée, avant l'anesthésie par le chloroforme.* — I. *Tracé abdominal.* II. *Tracé thoracique.*

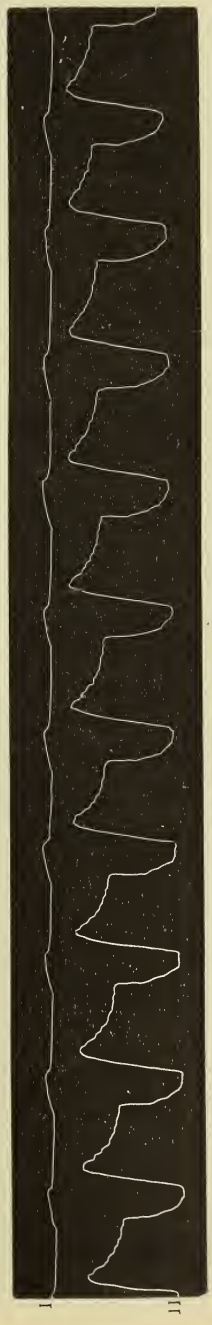


Fig. 115. — *Commencement d'anesthésie : inertie du diaphragme : respiration en bascule* — I. *Tracé abdominal.* II. *Tracé thoracique.*

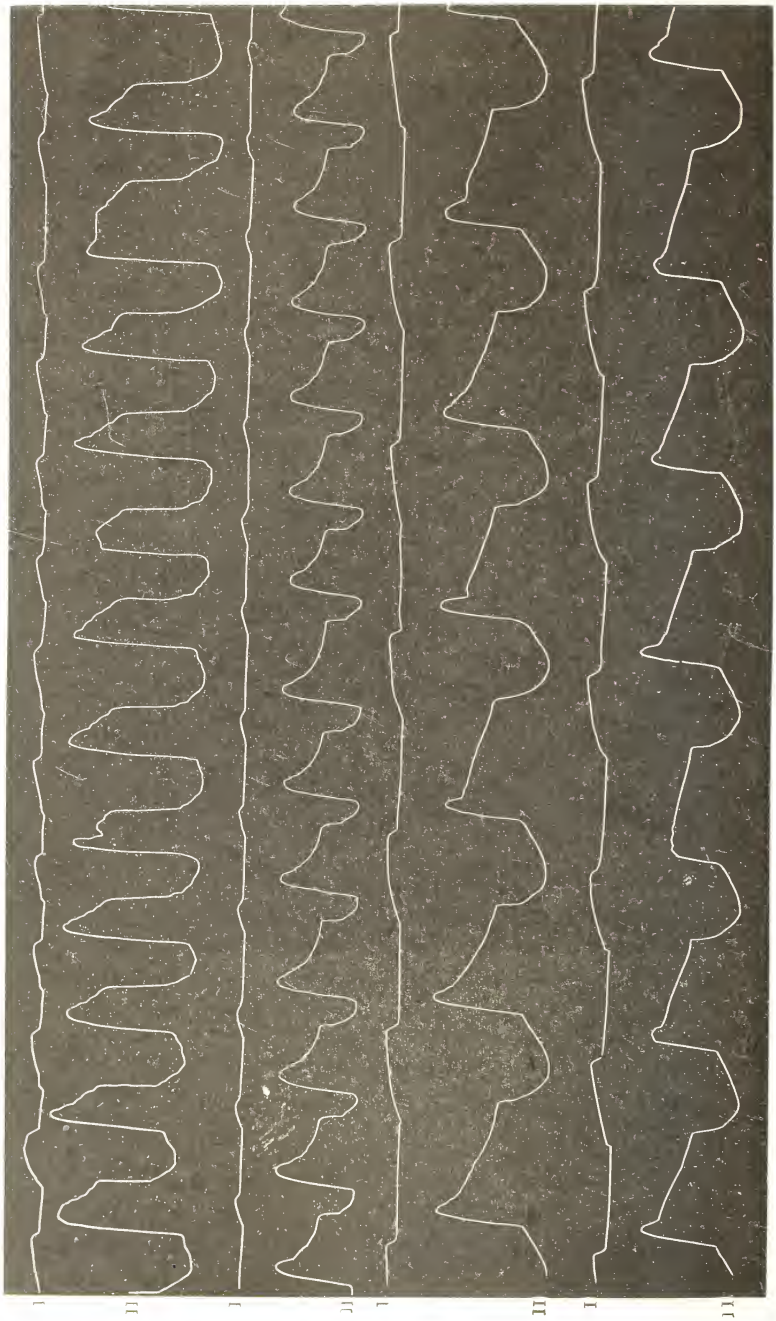


Fig. 116. — *Même Marmotte que ci-dessus : graphique pris au début et à la fin de l'inhalation.*

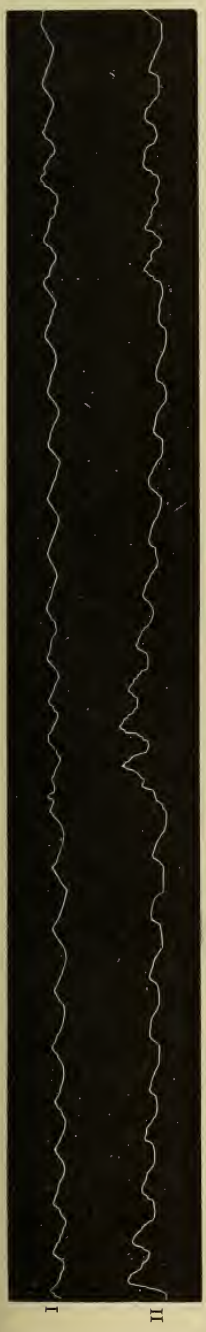


Fig. 117. — *Graphique respiratoire d'un Lapin agité, avant l'inhalation.*

Fig. 118. — *Le même Lapin que ci-dessus.* — *Suspension de la respiration diaphragmatique au début de l'anesthésie.* — I. *Tracé abdominal.* — II. *Tracé thoracique.*

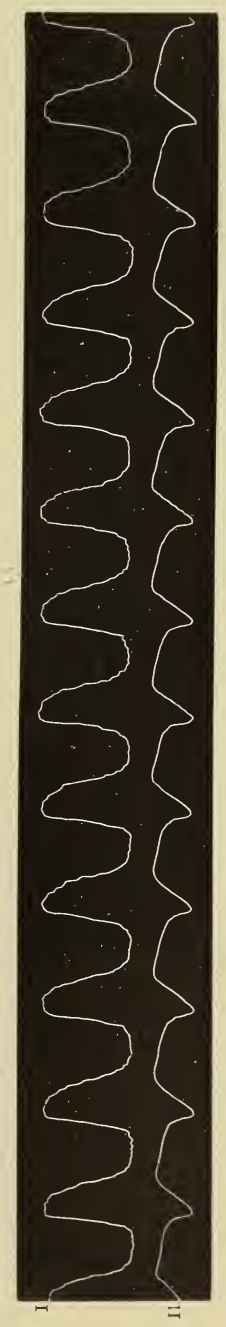


Fig. 119. — *Le même Lapin que ci-dessus.* — *Anesthésie confirmée.* — *Inertie complète du diaphragme.* — *Respiration en bascule.* — I. *Respiration abdominale.* — II. *Respiration thoracique.*

la Marmotte et chez le Lapin, de supprimer celle-ci, ainsi que le prouvent les graphiques respiratoires figures 114, 115, 116, 117, 118 et 119.

La respiration thoracique ne pouvant se substituer immédiatement, avec le chloroforme, à la respiration diaphragmatique supprimée, il se produit un arrêt.

Mais la Marmotte peut s'habituer à dormir sans le secours du diaphragme, comme cela arrive quand elle a les nerfs phréniques coupés depuis un certain temps.

J'ai fait une première fois respirer le mélange à 10 pour 100 à une Marmotte qui avait eu les deux phréniques coupés et présentait des périodes régulières de réveils et de sommeils avec respiration en bascule.

L'anesthésie s'est produite sans arrêts respiratoires et a pu être prolongée pendant deux heures.

La température rectale, qui était de 11°4 au début, s'élevait à 12°4 à la fin ; le lendemain, l'animal était parfaitement réveillé.

Dans une deuxième expérience, l'inhalation a duré deux heures et demie. La température initiale était de 10°9 et la température finale de 13°2. Une heure après, elle atteignait 13°9.

Dans une troisième épreuve, le même animal a respiré pendant une heure et quart le mélange à 10 pour 100 ; la température s'est élevée de 15 degrés à 17°8 ; une heure après la cessation de l'anesthésie, elle était de 18 degrés.

Chez le Lapin *(fig.* 117, 118 et 119), l'anesthésie chloroformique produit le même effet sur le mécanisme respiratoire que chez la Marmotte. Le diaphragme est paralysé comme si on avait coupé les nerfs phréniques ; lorsque le thorax se soulève, il est attiré, la paroi abdominale s'affaisse et, inversement, il en résulte une respiration en bascule.

L'anesthésie chloroformique ayant la propriété de provoquer l'hypothermie d'une part et, d'autre part, la température des Marmottes en torpeur ne dépassant que de quelques degrés celle du milieu ambiant, on pouvait se demander si on n'arriverait pas avec le chloroforme, en exagérant les phénomènes

endothermiques, après avoir supprimé ou modéré les réactions exothermiques, à abaisser la température propre de l'animal au-dessous du milieu ambiant.

Mais l'expérience montre que si on donne le chloroforme à une Marmotte éveillée, sa température baisse; si on le donne à une Marmotte endormie, elle s'élève ; seulement cette élévation est peu considérable et l'animal est, en somme, mis dans l'impossibilité de se réchauffer, tant que dure l'anesthésie, de plus de 1 à 2 degrés, comme après la section de la moelle cervicale ou la destruction du cerveau moyen.

Conclusions du chapitre XVII :

L'atropine produit des effets analogues à ceux de la section du nerf vague au cou, chez la Marmotte endormie ;

La pilocarpine n'a pas d'influence marquée sur le réchauffement ;

La curarisation empêche le réchauffement de la Marmotte endormie : elle provoque l'hypothermie chez la Marmotte éveillée, malgré la présence du sucre dans le sang. Ces effets sont dus à la paralysie des muscles respiratoires thoraciques;

L'inhalation du mélange de chloroforme et d'air à 10 pour 100 provoque l'arrêt respiratoire en paralysant le diaphragme, chez la Marmotte en torpeur. Il est, au contraire, bien toléré par les Marmottes éveillées et aussi chez celles qui se sont accoutumées à dormir après section des phréniques ;

Chez ces dernières, quand elles sont en profonde torpeur, l'anesthésie chloroformique relève légèrement la température : il est impossible, pour cette raison, de la faire tomber au-dessous de celle du milieu ambiant, supérieure seulement de quelques dixièmes de degré.

CHAPITRE XVIII

NARCOSE ET AUTONARCOSE CARBONIQUES. CONCLUSIONS GÉNÉRALES RELATIVES A LA THÉORIE DU SOMMEIL NATUREL.

J'aurais pu placer dans le seizième chapitre, aussi bien que dans le dix-septième, l'étude de l'action de l'acide carbonique sur la thermogenèse, la veille et le sommeil, car ce gaz est un produit physiologique aussi bien qu'un toxique pouvant être expérimentalement introduit dans l'organisme après avoir été artificiellement préparé en dehors de lui.

Mais j'ai voulu finir par l'acide carbonique, parce que c'est exclusivement par lui, par sa présence en plus ou moins grande quantité dans le sang, que l'on peut expliquer d'une façon satisfaisante le cycle du travail, de la fatigue, du sommeil et du réveil, ainsi que les variations thermogéniques qui précèdent, accompagnent ou suivent ces divers phénomènes.

Même, en dehors des dernières expériences dont je vais donner les résultats dans ce chapitre, l'idée d'une autohypothermie et d'une autonarcose par l'acide carbonique s'imposait en raison de certaines notions que nous possédions déjà et que je vais rappeler rapidement :

1° L'acide carbonique est le principal produit de désassimi-

lation de l'organisme : sa production est en raison directe du travail et particulièrement du travail musculaire.

2° Son élimination est modifiée par certaines conditions internes ou externes, puisque l'on constate qu'il peut s'accumuler dans le sang, en même temps que le quotient $\frac{CO^2}{O}$ diminue.

3° Les Marmottes, et vraisemblablement tous les mammifères hivernants et faux hivernants, à sommeil lourd et facile, ont normalement, même en état de veille, le sang plus chargé d'acide carbonique que les autres. Il doit en être de même des invertébrés, en hivernation, pour des raisons que j'exposerai autre part.

4° La proportion d'acide carbonique augmente dans le sang de la Marmotte qui va s'endormir et s'y accumule pendant le sommeil.

5° Au début du réveil, le quotient $\frac{CO^2}{O}$ atteint brusquement une valeur supérieure à celle du sommeil et même de la veille[1].

6° Le sang renferme moins d'acide carbonique pendant la veille que pendant le sommeil.

7° Tous les physiologistes savent que l'inhalation de l'acide carbonique produit d'abord le ralentissement de la respiration et de la circulation, l'hypothermie, puis, le sommeil pouvant aller jusqu'au coma, avec anesthésie spéciale.

8° Si l'action hypnotique de l'acide carbonique n'a pas été assez forte ou assez prolongée pour amener une forte hypothermie, le réveil est très rapidement complet : Dans tous les cas, il commence immédiatement après la cause qui le produit.

[1] *Remarque.* — J'ai pu constater au début que le quotient $\frac{CO^2}{O}$ était égal à l'unité sur deux Marmottes réveillées artificiellement dans une cloche. Déjà Valentin avait trouvé, dans les mêmes conditions, que la quantité d'acide carbonique éliminée pouvait passagèrement devenir plus grande que celle de l'oxygène absorbé, mais il n'en n'avait tiré aucune conclusion (v. p. 70).

Les agents hypnotiques *gazeux* sont les seuls qui permettent une cessation du sommeil pouvant se comparer à celle que l'on observe dans l'état normal. Le réveil, après la narcose, par le mélange de protoxyde d'azote et d'oxygène administré sous pression, et même par le protoxyde d'azote pur, est le seul qui soit comparable, par la rapidité de son apparition, avec le réveil normal et avec celui de la narcose carbonique.

9° Les causes qui favorisent l'accumulation de l'acide carbonique dans le sang provoquent la somnolence : par exemple, le séjour dans une atmosphère confinée.

10° Il est également certain que tous les physiologistes admettent aujourd'hui que, sous l'influence d'une augmentation *suffisante* d'acide carbonique dans le sang, il se produit une excitation des centres nerveux respiratoires. Si donc une certaine proportion de ce gaz peut ralentir la circulation et la respiration, une dose plus forte pourra accélérer l'une et l'autre.

11° Dans certaines limites, l'acide carbonique peut être considéré comme un excitant de l'irritabilité musculaire, mais dans d'autres, il provoque la fatigue du muscle.

12° Avec la saturation carbonique progressive expérimentalement provoquée, l'hypothermie précède le sommeil, comme dans l'état normal.

Je pourrais encore ajouter d'autres arguments, pris parmi les faits connus, en faveur de l'explication du mécanisme de l'hypothermie et du réchauffement automatiques, du sommeil et du réveil, mais je préfère démontrer expérimentalement que l'on peut, à volonté, provoquer l'hypothermie et le sommeil, le réchauffement et le réveil avec le même agent, l'acide carbonique. Après cela, je pense que l'on ne pourra refuser d'admettre que j'ai établi d'une manière irréfutable que le sommeil naturel, qu'il soit hivernal ou non, est le résultat d'une autonarcose carbonique.

Dans une première série d'expériences, j'ai fait respirer à des Marmottes bien éveillées, d'abord des mélanges d'acide

carbonique et d'air, ensuite d'acide carbonique, d'oxygène, et enfin d'acide carbonique et d'air.

Les animaux étaient enfermés dans des cloches où circulait le mélange, ou bien on le faisait inhaler par un tube fixé dans la trachée, ou encore, à l'aide d'une muselière. Ce dernier procédé est le meilleur.

Un mélange à parties égales d'oxygène et d'air a pu être respiré pendant sept heures par une Marmotte dont la température initiale était de 37°4 dans le rectum. Après avoir éprouvé les symptômes précurseurs d'un sommeil léger : appesantissement des mouvements des membres, clignotement des yeux, vacillation de la tête, etc., l'animal est tombé en sommeil dans la posture ordinaire. A la sortie de la cloche, on a constaté que la tonicité musculaire était conservée, mais la température était de 20°4.

Deux expériences ont encore été faites avec le même mélange administré dans un cas, au moyen de la cloche, et, dans l'autre, avec le secours de la trachéotomie. On a obtenu les mêmes résultats que dans la première expérience. Il est à noter que le réflexe oculo-palpébral et les réflexes des membres étaient conservés, ainsi que la tonicité musculaire pendant le sommeil profond. On a remarqué deux formes différentes de l'hypnose carbonique : l'une véritablement anesthésique avec résolution musculaire et respiration en bascule et une autre dans laquelle la tonicité existe avec la respiration diaphragmatique.

Ces animaux ont présenté une abondante sécrétion muqueuse et même muco-sanguinolente des voies respiratoires, qui a fait suspendre l'expérience.

C'est probablement à l'action excitante locale de l'acide carbonique éliminé que sont dus les éternuements si fréquents chez la Marmotte qui se réveille et retrouve sa sensibilité après un long sommeil. Il est bon, pour éviter l'accident que je viens de signaler, de remplacer une certaine quantité d'acide carbonique et d'oxygène par de l'air.

Un mélange de 12 parties d'oxygène, 43 parties d'air et

45 parties d'acide carbonique a été administré à une Marmotte ayant une température de 35°2. Celle-ci s'est abaissée de 11 degrés après trois heures d'inhalation. L'animal était dans l'attitude normale du sommeil : il avait la respiration régulière, la tonicité musculaire était conservée. Vers 30 degrés, il s'était produit des trémulations sans réchauffement. Celui-ci a commencé presque immédiatement après la cessation de l'inhalation : deux heures plus tard, le sujet était complètement réchauffé et réveillé. Comme à l'ordinaire, il avait eu au moment du réveil des trémulations et s'était comporté, pendant le réchauffement automatique, comme une Marmotte normale.

Un mélange de 55 parties d'air et de 45 parties d'acide carbonique nous a donné également un bon résultat.

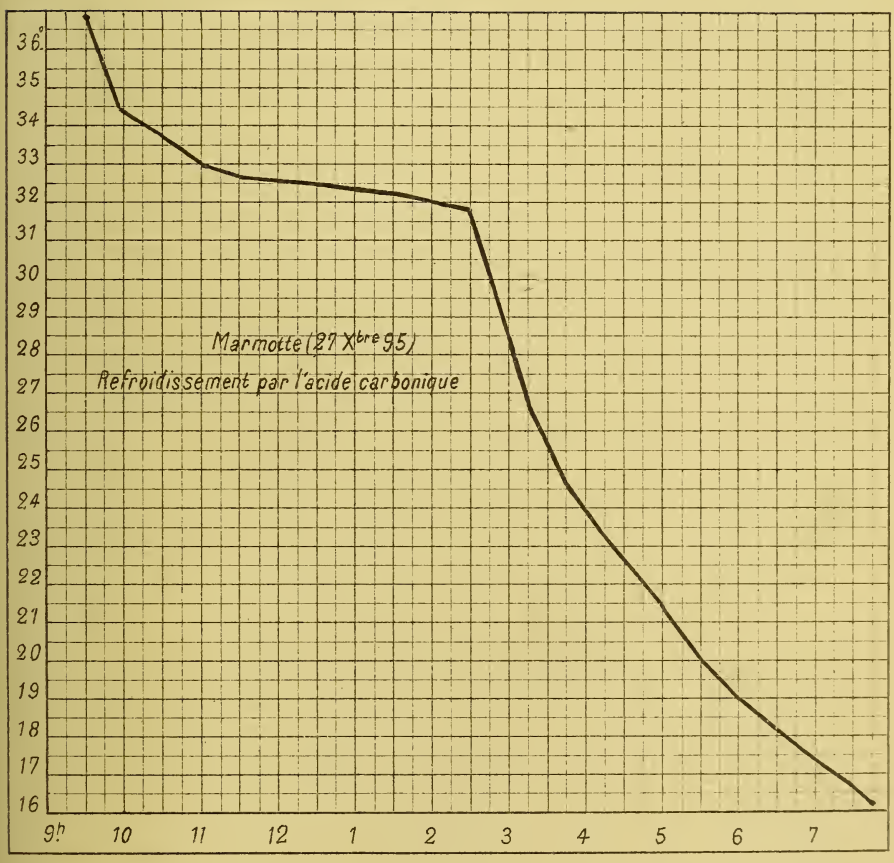
La Marmotte respirait à l'aide d'une muselière à soupapes. La température, qui était au début de l'inhalation de 36°4, descendit en dix heures à 16°3 (V. *planche 123)*. La respiration a toujours été très régulière, mais le nombre des mouvements respiratoires a diminué vers 23 degrés : à partir de 17°8, on ne comptait plus que trois respirations par minute. Celles-ci étaient presqu'exclusivement diaphragmatiques, les battements du cœur imperceptibles, la sensibilité réflexe conservée, mais atténuée, enfin, il existait de la tonicité musculaire, comme cela arrive dans le sommeil normal.

Le lendemain, la Marmotte était réchauffée : elle s'est spontanément endormie au bout de deux jours.

Ces expériences montrent nettement que l'on peut provoquer à volonté, avec les inhalations carboniques, le sommeil, la torpeur, ainsi que les symptômes apparaissant spontanément dans l'état normal.

Mais on a objecté que, si l'acide carbonique continuait à s'accumuler dans le sang pendant le sommeil, celui-ci devrait se prolonger jusqu'à la mort. Cette objection n'a pas été formulée, il est vrai, par des physiologistes. Ceux-ci savent tous, en effet, comme je l'ai déjà dit plus haut, qu'au moment où la saturation du sang par l'acide carbonique atteint un certain

Pl. 123


36°
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
Marmotte (27 Xbre 95)
Refroidissement par l'acide carbonique
9h
10
11
12
1
2
3
4
5
6
7

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

degré, les centres respiratoires sont excités et la respiration s'accélère.

L'irritabilité musculaire elle-même peut être directement surexcitée à un certain moment. Dès lors, le raisonnement seul suffirait pour faire admettre que les conditions du réveil sont réalisées de cette façon.

Il est bien évident aussi qu'il ne faut pas qu'à l'instant où la respiration de l'animal saturé d'acide carbonique s'accélère, il soit forcé de continuer à respirer le mélange qui l'a endormi.

Ce n'est pas le cas, dans l'état normal, puisque l'acide carbonique prend naissance dans le milieu intérieur et que le milieu extérieur est l'air ordinaire : il n'y a donc aucun danger.

Mais pour dissiper toutes les incertitudes, si tant est qu'il puisse en exister encore, il suffira de prendre connaissance des résultats des expériences suivantes. Ces dernières sont simples, faciles à répéter, par ceux-là mêmes qui, privés de connaissances techniques, n'en sont pas moins prompts à combattre les théories scientifiques, fruit de longues et délicates recherches expérimentales, pour leur opposer des hypothèses sans fondements sérieux, engendrées par une imagination plus ou moins féconde et le désir d'attirer l'attention à peu de frais.

Pendant quatre heures consécutives, j'ai fait respirer le mélange suivant : oxygène 12 parties, air 43 parties, acide carbonique 45 parties, à une Marmotte en torpeur ayant une température rectale de 12 degrés. Pendant ce temps, rien d'anormal n'a été observé, parce que c'est précisément le mélange qui endort : le nombre des respirations est resté de 3 à 5 par minute. Au commencement de la cinquième heure, j'ai fait circuler *doucement* de l'acide carbonique pur pour surcharger le mélange dans la cloche contenant l'animal. Au bout de dix minutes, le nombre des respirations avait doublé. J'ai rendu immédiatement un peu d'air, mais le nombre des respirations est retombé à trois par minute.

J'ai de nouveau fait pénétrer de l'acide carbonique, et il y a eu une nouvelle accélération de la respiration, seulement, cette

fois, j'ai immédiatement donné beaucoup d'air : la respiration a continué à s'accélérer, puis la Marmotte s'est réchauffée et réveillée, comme dans un réveil normal. L'acide carbonique, avec excès, avait produit la *mise en train* nécessaire.

Deux autres Marmottes, l'une ayant 12°4 et l'autre 12°6, ont été placées dans des cloches recevant de l'acide carbonique pur : au bout de vingt minutes pour la première et de dix-sept minutes pour la seconde, le nombre des respirations avait doublé. En présence de l'air libre, l'accélération a continué et le réveil s'est produit, comme dans les conditions normales.

La même expérience a été encore répétée sur deux autres Marmottes avec un résultat identique. Pour éviter les causes d'erreurs pouvant provenir du déplacement des animaux endormis, ou de la ventilation de la cloche, j'ai installé dans une cage de verre où circulait de l'air pur, deux Marmottes en torpeur. Elles y ont séjourné jusqu'au lendemain sans que leur état se fût modifié. On y a fait alors arriver successivement de l'acide carbonique et de l'air pur et les choses se sont passées comme ci-dessus.

Si on prolonge trop l'action excitatrice de l'acide carbonique pur ou très concentré, on dépasse le but ; après s'être accélérée, la respiration s'arrête. Il faut donc choisir le moment convenable pour donner de l'air ; mais, comme je l'ai déjà dit, la Marmotte dans l'état naturel, comme tout animal endormi, en a toujours à sa disposition puisque la saturation se fait par l'intérieur. Il ne peut donc pas y avoir de crainte de sursaturation mortelle.

Qu'y a-t-il de surprenant à ce que le même agent endorme et réveille la Marmotte ? N'avons-nous pas vu le froid agir de même ?

Les Marmottes *artificiellement* plongées dans la torpeur, se comportent d'ailleurs, comme à l'état normal vis-à-vis de divers réactifs physiologiques et particulièrement du chloroforme. Quand elles ne sont pas habituées par la section des nerfs phréniques à respirer avec la cage thoracique seulement

pendant la torpeur, il suffit de leur faire inhaler un mélange de chloroforme à 10 pour 100 pour paralyser le diaphragme et arrêter aussitôt la respiration,

L'acide carbonique porte principalement son action sur un centre du sommeil et du réveil situé dans le cerveau moyen (V. chap. XI[1]). Mais c'est à tort que l'on a considéré le cerveau moyen comme un lieu de passage de connexions indispensables à la production du sommeil existant entre les couches corticales des hémisphères et le reste de l'organisme. En effet, les animaux peuvent s'endormir et s'éveiller, alors même qu'ils sont totalement privés des hémisphères. Mais avec le bulbe seulement, les Marmottes sont dans l'impossibilité de se réveiller : elles ne peuvent que dormir et puis mourir.

Dans la narcose carbonique, comme dans le sommeil normal, les réflexes sont conservés et particulièrement les réflexes respiratoires et circulatoires.

Toutes les causes qui accélèrent les mouvements respiratoires en augmentant leur amplitude, en même temps que la rapidité de la circulation pendant la veille, agissent de même dans le sommeil et la narcose carbonique artificielle.

Pendant la veille, elles retardent le sommeil et pendant le sommeil, elles provoquent le réveil parce que toutes favorisent l'élimination de l'acide carbonique en excès : ce sont les excitations sensitives ou sensorielles d'ordre externe ou d'ordre interne, et parmi ces dernières je citerai les émotions vives, les préoccupations, les chagrins dans la veille, les cauchemars dans le sommeil, la volonté consciente ou inconsciente, etc.

Les excitants toxiques : café, thé, etc., agissent de la même manière.

La théorie de l'autonarcose carbonique est la seule qui puisse expliquer des faits en apparence bien contradictoires, com-

[1] *Remarque.* — L'existence d'un centre du sommeil a été signalée par divers pathologistes et, en particulier, pour la première fois, par mon savant collègue, M. le professeur Gayet, de Lyon (*Arch. de phys.*, p. 361, 1875).

ment, par exemple, la fatigue appelle le sommeil et comment elle le chasse, quand elle devient excessive. Il est évident que dans le second cas, la saturation du sang par l'acide carbonique se maintient au niveau de la limite nécessaire au réveil : l'organisme est alors, si l'on peut dire, en état de *réveil continu*.

Certaines personnes peuvent à volonté se procurer le sommeil : ce sont, en général, des sujets déjà enclins à la somnolence, à corpulence très développée, prédisposés aux congestions parce que chez eux la circulation et la ventilation pulmonaire se font mal. Ils sont alors toujours près du point de la saturation carbonique nécessaire pour le sommeil, et il leur suffit pour s'endormir de favoriser consciemment ou inconsciemment les causes qui peuvent la produire, ou simplement de laisser agir celles contre lesquelles ils ont coutume de lutter pendant la vie active afin de rester éveillés.

Pour tomber en état de léthargie, les Fakirs de l'Inde, entre autres pratiques, s'accoutument progressivement à respirer le moins possible d'air à la fois et de plus en plus rarement. Les Omphalo-psychiens agissaient de même.

L'histoire ecclésiastique du IVe siècle fait mention de certains moines du mont Athos qui arrivaient à l'extase et à l'insensibilité par la contemplation de leur nombril, ce qui les avait fait appeler Omphalo-psychiens. Voici la recette qu'ils ont donnée : « En élevant ton esprit au-dessus des choses vaines, appuie ta barbe contre la poitrine ; tourne tes yeux et toute ta pensée vers le milieu de ton ventre, *retiens ta respiration*, cherche dans tes entrailles la place de ton cœur... »

Il est probable que l'auto-hypnotisme et l'hypnotisme qui produisent une narcose se rapprochant tant du sommeil naturel qu'on peut presque l'identifier avec lui, n'agissent qu'en provoquant les effets de la fatigue avec des modifications de la circulation et de la respiration propres à favoriser l'accumulation de l'acide carbonique. Peut-être même que, dans ce cas, la fatigue agit primitivement sur les centres dont j'ai parlé plus haut, lesquels affectent d'étroits rapports avec ceux qui comman-

dent au fonctionnement des yeux. Les pratiques suivies pour hypnotiser semblent l'indiquer, de même que la position des yeux et la chute paralytique de la paupière supérieure dans le sommeil.

Enfin plusieurs raisons permettent de supposer que la maladie du sommeil des nègres du Sénégal ou nélanané, et d'autres analogues, sont le résultat d'une autonarcose carbonique pathologique ; en tout cas, cela paraît bien probable pour le vertige paralysant de Holtenhoff et Gerbier, lequel se rapproche beaucoup de la nélanané et frappe les gens qui travaillent et couchent dans les écuries, c'est-à-dire dans une atmosphère toujours très riche en acide carbonique.

Mais je ne veux pas entrer dans le domaine des hypothèses et c'est à l'expérimentation à décider. Elle aura aussi à déterminer, d'une manière précise, si certains narcotiques n'agissent pas simplement en favorisant la saturation carbonique, ainsi que peuvent le faire présumer des expériences en cours d'exécution dans mon laboratoire.

J'ajouterai seulement que diverses autres modifications de l'organisme peuvent accompagner le sommeil naturel. J'ai signalé la déshydratation du sang et de certains tissus, la production de l'acétone et peut-être de l'alcool ; mais ce sont là des phénomènes accessoires qui agissent comme causes adjuvantes ou modificatrices du sommeil. Le rôle capital revient à l'acide carbonique qui peut, à lui seul, produire le sommeil d'abord et le réveil ensuite, et qui seul permet d'expliquer d'une façon satisfaisante le cycle du travail, de la fatigue, du sommeil, de la réparation et du réveil.

Il me paraît superflu, après ce qui vient d'être dit, de discuter successivement les hypothèses qui ont été faites sur la nature du phénomène dont nous venons de donner l'explication.

Alcméon, Héraclite, Anaxagore, Empédocle, Leucippe, Démocrite, Hippocrate, Platon, Aristote, Asclépiade, Pline, Galien, ne pouvaient, étant donné l'état de la science à leur

époque, imaginer que des théories du sommeil inexactes ou bien incomplètes, comme celle d'Empédocle par exemple, qui invoque un refroidissement partiel du sang.

Celles plus récentes d'Erasme, de Darwin, de Reil, de Haller, aussi bien que les hypothèses émises de nos jours par un grand nombre de savants sur la cause du sommeil, manquent absolument de base scientifique attendu qu'aucune étude véritablement expérimentale et méthodique ne pouvait être faite autrement qu'avec la Marmotte qui est un Mammifère comme un autre, mais chez lequel le sommeil naturel est particulièrement facile à analyser.

CHAPITRE XIX

CONCLUSIONS GÉNÉRALES RELATIVES A LA THERMOGÉNÈSE

La Marmotte, en naissant, apporte avec elle une certaine quantité d'énergie initiale qu'elle tient de ses ascendants. Pendant l'allaitement, elle emprunte à la mère tout le supplément énergétique devenu nécessaire au jeune organisme ; bientôt celui-ci le puise directement dans le milieu ambiant.

Une petite quantité de ce supplément, ou plutôt de ce complément, peut être directement prise au soleil, car les Marmottes aiment à s'y réchauffer, comme beaucoup d'autres animaux, mais la plus grande quantité vient des radiations vivifiantes de cet astre emmagasinées par les plantes vertes, dont la Marmotte fait sa nourriture.

Les aliments ne lui servent pas seulement à fournir de l'énergie compensatrice, c'est-à-dire destinée à remplacer immédiatement celle qui a été dépensée et extériorée sous diverses formes : de son, par les cris fréquents de l'animal ; de travail mécanique, dans le transport du corps et de certaines charges, dans l'acte de la mastication ; etc., et aussi sous forme de chaleur, pendant l'été, seules émanations énergétiques que nous connaissions, chez les mammifères, dans le moment actuel.

Une autre partie du potentiel des aliments est fixée, condensée sous forme de réserves physiologiques.

La chaleur que la Marmotte rayonne pendant l'été peut être considérée comme une transformation ultime du travail physiologique qui s'est opéré silencieusement dans l'intimité des tissus, mais on ne doit pas dire pour cela qu'elle est un simple déchet, attendu qu'elle sert à conserver à l'organisme une température convenable, nécessaire à son bon fonctionnement.

Cette chaleur sans cesse extériorée et sans cesse remplacée peut être évaluée, pendant la période estivale, à 14.688 calories par kilogramme d'animal.

La partie d'énergie contenue dans les réserves physiologiques est destinée presqu'exclusivement à assurer le travail physiologique de l'hivernation, attendu que l'animal reste silencieux, immobile et au jeûne absolu pendant toute cette période : d'après nos calculs elle n'est pas inférieure à 881 calories environ ou 373.544 kilogrammètres.

Le travail physiologique estival est donc, en définitive, seize fois plus grand que celui de l'hiver, et il devait en être ainsi, car j'ai montré que la période d'hivernation de 165 jours n'équivaut qu'à douze jours de veille et que les 200 jours d'estivation divisés par 12 donnent précisément le quotient 16,6. Si on recherche l'origine de la chaleur que la Marmotte dégage pendant l'hiver ou, en d'autres termes, celle du travail physiologique correspondant, on constate que l'animal qui n'a pas absorbé d'aliments proprement dits ou de boissons, a perdu un quart de son poids, soit 200 grammes par kilogramme. Ces 200 grammes se composent de 85 grammes de graisses, de 25 grammes d'albuminoïdes et de 90 grammes d'eau.

Aux matières grasses préformées, au début de l'hiver, viennent s'ajouter celles qui résultent de la dégénérescence graisseuse de divers organes et en particulier de la glande hivernale et du thymus.

Les graisses sont incomplètement oxydées dans le foie pendant le sommeil et principalement transformées en glycogène qui s'accumule dans cet organe.

J'avais d'abord pensé que cette oxydation lente et incomplète était due au sang de l'artère hépatique, mais je crois maintenant que c'est au sang porte qu'il faut l'attribuer depuis que j'ai constaté que ce dernier contenait de fortes proportions d'oxygène pendant le sommeil[1] et pour d'autres raisons encore.

Ces transformations intrahépatiques, avec quelques rares mouvements respiratoires et cardiaques, fournissent assez de réactions exothermiques pour que la température de la Marmotte se tienne toujours à plusieurs dixièmes de degré au-dessus de celle du milieu ambiant pendant la torpeur. On peut évaluer la chaleur ainsi produite pendant tout l'hiver à 440 calories.

Je ne suis pas parvenu à faire naître ou à accroître des réactions endothermiques capables de neutraliser les causes de ce minime réchauffement et, à plus forte raison, je n'ai pu faire tomber la température de l'animal au-dessous de celle du milieu ambiant.

Le travail physiologique qui s'effectue dans la veille, et le réveil surtout, est beaucoup plus actif. Il a pour résultat principal de réchauffer l'animal, à de certains moments, et de lui permettre de se débarrasser de ses excreta ; mais il dure trente fois moins de temps que celui du sommeil, ce qui fait, en définitive, qu'au bout de l'hiver, il est égal à ce dernier et ne dépasse pas 440 calories.

Dans le travail physiologique de veille et de réveil, le glycogène accumulé dans le foie pendant le sommeil, est transformé en glucose par le sang de la veine porte, qui a perdu une grande partie de son oxygène, et arrive en abondance dans l'organe hépatique avec un pouvoir saccharifiant supérieur.

La température du foie s'élève.

Le glucose versé dans la circulation est consommé principa-

[1] L'analyse des gaz du sang nous a donné pour 100 c.c. de sang :

Pour une Marmotte en torpeur	(Temp. rect. 9°6 :	CO^2 68.5;	O = 16.96:	Az. = 2.8.
— — — éveillée	(— 35°2) :	— 45.58;	— 53 ;	— 3.

lement par le cœur et les muscles respiratoires thoraciques surtout, dont l'activité est devenue considérable au moment du réveil.

La partie antérieure du corps s'échauffe ; puis, par la circulation, le réchauffement s'étend au reste du corps. Ce sont les muscles respiratoires thoraciques qui concourent le plus activement au réchauffement pendant le réveil, et au maintien d'une température constante pendant la veille. Ils agissent de même chez tous les Mammifères. Ce sont eux encore qui produisent un excès de calorique dans beaucoup de cas d'hyperthermie physiologique ou pathologique où les mouvements du thorax sont exagérés.

Au début du réveil, cependant, c'est le foie qui produit la *mise en train* du réchauffement : on peut alors constater entre cet organe et les viscères abdominaux voisins une différence considérable de température pouvant aller jusqu'à 15 degrés et plus.

Le sang déjà échauffé dans le foie arrive dans le cœur dont les battements s'accélèrent : il s'y réchauffe encore un peu, ainsi que dans les poumons et le cerveau. Mais j'insiste sur ce point, mis hors de doute par l'action du curare, par les sections de la moelle cervicale, des nerfs moteurs des muscles de la cage thoracique, etc., à savoir que la plus grande partie de la chaleur est due à la contraction des muscles respiratoires thoraciques. Celle-ci est aussi la cause du maintien d'une température constante, parce qu'elle se manifeste également d'une manière constante et que les variations de l'une correspondent aux variations de l'autre. La ventilation pulmonaire n'a point d'effet par elle-même : quand les muscles respiratoires sont paralysés, l'animal ne se réchauffe pas, ou bien il se refroidit.

Je ne voudrais pas soutenir que la seule différence entre les animaux à sang chaud et à sang froid soit dans le peu de développement, ou même dans l'absence de muscles respiratoires thoraciques chez ces derniers ; mais il est intéressant, peut-être, de faire remarquer que les Poissons ont des bran-

chies et que les Grenouilles respirent par déglutition d'air et par des échanges cutanés.

La respiration costale est bien misérable chez beaucoup de Lacertiens ; elle est plus développée chez les Ophidiens, ce sont aussi les seuls chez lesquels on ait pu constater, à certains moments, une température élevée et constante, comme celle du Boa pendant l'incubation.

Parmi les invertébrés, les Insectes, à peu près exclusivement, possèdent une ventilation respiratoire musculaire analogue à la respiration thoracique : ils sont aussi les seuls à présenter une température élevée.

Les animaux à sang froid possèdent pourtant un « tonus musculaire » suffisant pour le maintien de leur équilibre : mais la Marmotte aussi possède ce tonus musculaire dans l'état de torpeur : il est même exagéré, car on a de la peine parfois à le vaincre, pour étendre, par exemple, le corps roulé en boule. Pourtant on a voulu faire considérer le tonus musculaire comme la cause de la température constante des Mammifères. J'ai démontré expérimentalement (p. 181) en comparant le refroidissement et le rayonnement des animaux à moelle seulement coupée avec ceux des animaux à moelle détruite, qu'il fallait définitivement renoncer à cette hypothèse.

De même, on ne saurait considérer le frisson comme un moyen de réchauffement : nous nous refroidissons et nous nous réchauffons sans cesse et pourtant nous ne passons pas notre vie à grelotter, trembler ou frissonner.

Dans la phase moyenne du réchauffement de réveil, la Marmotte éprouve des trémulations musculaires, marquées surtout du côté des masséters, mais qui ne vont pas jusqu'à faire claquer des dents. Ces trémulations musculaires, ces frémissements, s'ils sont forts, peuvent recevoir le nom de « grelottement » et même celui de « frisson » quand ils se généralisent et précèdent ou accompagnent l'inspiration, ce qui arrive. On peut les suspendre localement par la compression des artères des muscles qui en sont le siège, de même qu'on les provoquera

chez l'animal qui vient de mourir, en injectant de l'eau salée ou sucrée dans les vaisseaux. Une demi-heure après la mort, chez une Marmotte tuée pendant la torpeur, on les faisait naître encore en excitant, avec des interruptions très peu fréquentes, la partie supérieure des pédoncules cérébraux. Ces frissons musculaires peuvent être locaux ou d'origine centrale, mais en tout cas, je n'ai jamais constaté, à l'aide des aiguilles thermo-électriques, un réchauffement notable spécialement dans les muscles qui en étaient le siège. Je persisterai donc à les considérer comme un effet, mais non comme la cause du réchauffement [1 et 2].

Pendant le réveil de la Marmotte, le glycogène accumulé dans le foie disparaît et cependant le sang, dans l'état de veille, continue à renfermer du sucre : il est possible qu'il se forme toujours du glycogène dans le foie et que celui-ci soit transformé en sucre au fur et à mesure de sa formation. Toutefois, il serait plus simple d'admettre, comme je le pense, que le foie peut aussi bien fabriquer d'emblée, avec les graisses, du glucose que du glycogène. Telle pourrait bien être la cause de

[1] V. *C. R. de la Soc. de biol.* 10 février 1894.

[2] M. Ch. Richet a dit : « Le tremblement fibrillaire dont parle M. Dubois ne peut être comparé au véritable frisson, lequel, chez les animaux refroidis, est la cause principale, sinon unique, du réchauffement de l'animal, ainsi que je l'ai montré à diverses reprises. » *(Soc. de biol.*, 17 février 1894.) Il y a dans le raisonnement de M. Ch. Richet une singulière contradiction, car de deux choses l'une : ou bien la Marmotte n'a pas de frissons, dès lors ceux-ci ne sont pas la « cause principale, sinon unique du réchauffement », ou bien elle a des frissons qui ne servent à rien. Malheureusement pour la théorie de M. Ch. Richet, l'expérience montre que le grelottement de la Marmotte n'est pas « thermique » même quand il passe à l'état de frisson caractérisé. Ce phénomène me paraît surtout produit par une modification du tonus musculaire lequel pourrait être appelé tétanos tonique : les petites secousses fusionnées, qui donnent cet état continu de demi-contraction, peuvent se dissocier sous certaines influences ; s'il en était ainsi, le frisson produirait encore moins de chaleur que le tonus : c'est peu !

certaines hyperglycémies expérimentales ou pathologiques sur le mécanisme desquelles on est encore loin d'être d'accord. Ce qu'il y a de certain, c'est que l'étude du quotient respiratoire indique que la Marmotte consomme surtout des graisses dans le sommeil et des substances hydrocarbonées dans la veille.

Quoi qu'il en soit, le sucre, à son tour, disparaît peu à peu du sang pendant la veille, et la température commence à baisser en même temps que l'acide carbonique s'accumule dans le sang. Chez la Marmotte, comme chez l'Homme, l'hypothermie précède le sommeil et s'accentue avec celui-ci. Il est vrai que chez la Marmotte elle est considérable, mais seulement quand la température extérieure est voisine de + 10°, c'est-à-dire du point optimum de rayonnement de ce Mammifère. A des températures plus élevées, l'hypothermie est beaucoup moins grande, le sommeil moins profond, moins prolongé et plus léger, à tel point que l'on peut expérimentalement obtenir tous les degrés de transition entre le sommeil hivernal et le sommeil estival, lequel n'est autre que le nôtre.

On sait d'ailleurs que la proportion d'acide carbonique augmente ou diminue dans le sang, selon que la température du corps s'abaisse ou s'élève.

Dans la torpeur, les cellules de l'organisme, en présence d'un milieu intérieur chargé d'acide carbonique, travaillent à la manière des levures basses et les phénomènes d'oxydation sont ralentis : c'est le contraire dans l'état de veille. Cela ne tient pas pourtant au défaut d'oxygène, car il en existe une forte proportion à côté de l'acide carbonique, même dans la veine porte, mais son action est ralentie, diminuée, entravée.

L'acide carbonique est le régulateur interne de la chaleur animale : il en est peut-être également le régulateur externe par son action sur la circulation dans les petits vaisseaux de la périphérie.

Par l'oxydation des graisses, des matières hydrocarbonées, des albuminoïdes et par la dislocation des molécules dédoublées ou simplement déshydratées, il se produit, en même temps

que de l'acide carbonique, une certaine quantité d'eau. Une partie est éliminée par la respiration, l'autre est mise en réserve et accumulée pendant le sommeil dans diverses cavités, particulièrement dans la vessie, l'estomac et aussi dans le péritoine sous forme de lymphe. Ce dernier liquide contient, en outre, de nombreux globules blancs sortis des vaisseaux. Ce sont eux très probablement qui communiquent à la lymphe son pouvoir saccharifiant, lequel est très accentué.

Les phénomènes de déshydratation, qui sont endothermiques, vont de pair avec l'épuisement des réserves hydrocarbonées et la production d'acide carbonique. Ils favorisent ainsi l'hypothermie qui précède le sommeil. Pendant celui-ci, le sang est plus lourd, plus dense que dans la veille parce qu'au moment du réveil une partie de l'eau en réserve rentre dans la circulation : alors commencent les phénomènes d'hydratation et particulièrement la transformation du glycogène en glucose : ils précèdent, en les préparant, comme dans la germination des graines, les oxydations actives. Aussi la proportion d'eau éliminée par la respiration, comparée à celle de l'acide carbonique est-elle relativement moins forte pendant la veille que pendant le sommeil ; il est vrai que cette variation tient également à la nature des réserves employées dans l'un et l'autre cas.

Nos expériences montrent bien nettement que le passage du sang de la veine porte au travers du foie est indispensable au réchauffement, qui commence par cet organe, tandis qu'il n'en est pas de même pour le sang de l'artère hépatique : au début du réveil, le sang porte est fortement oxygéné ; plus tard, il l'est beaucoup moins, mais possède à un haut degré le pouvoir saccharifiant, c'est-à-dire hydratant, qu'il doit à la lymphe péritonéale résorbée.

La ligature des veines au-dessus du foie empêche le réchauffement, comme celle de la veine porte, parce que, en dehors du foie, il n'y a dans l'organisme qu'une très petite quantité de réserves thermogènes.

Le réchauffement et, par conséquent, la calorification générale, dépendent donc primitivement du fonctionnement du foie qui est lui-même dominé par celui de la circulation porte.

L'expérience prouve également que le réchauffement et forcément tous les phénomènes qui concourent à sa production ne sont pas provoqués par l'action des nerfs qui se rendent directement au foie, car la destruction de ces derniers n'entrave pas, au moins immédiatement, leur accomplissement.

Ce sont, en premier lieu, les nerfs sympathiques du système porte. Leur destruction, comme celle des ganglions semi-lunaires, produit le même effet que la ligature de la veine porte. L'origine de ces filets est placée très haut, car on obtient un résultat identique par l'arrachement des ganglions cervicaux inférieurs et premiers thoraciques. Ceux-ci reçoivent les filets en question de la moelle cervicale et ils sont mis en rapport, par son axe gris, avec le cerveau moyen.

Dans celui-ci, au voisinage de la paroi inférieure de la terminaison antérieure de l'aqueduc de Sylvius, se trouve une région dont l'intégrité est nécessaire et suffisante pour que les phénomènes alternatifs de torpeur et de sommeil, d'hypothermie et de réchauffement s'effectuent automatiquement d'une manière régulière, même après la suppression des hémisphères.

Quand cette région est détruite, en même temps que le cerveau moyen, la Marmotte peut encore vivre assez longtemps avec le bulbe seulement, mais elle ne peut plus que dormir et mourir, le réveil est impossible. C'est sur cette partie du cerveau moyen que l'acide carbonique exerce son action, tantôt stupéfiante et tantôt excitante, suivant la proportion contenue dans le sang.

En outre, le cerveau moyen dirige encore la calorification en accélérant ou en ralentissant le jeu des muscles thoraciques, principal foyer de production de chaleur, pendant le réveil et la veille. Il tient donc dans sa dépendance à la fois le système porte, qui lance le sucre thermogène dans la circulation, et la contraction des muscles respiratoires qui le consomment, en

assurant du même coup l'apport de l'oxygène extérieur, l'élimination de l'acide carbonique et le maintien d'une température élevée et constante.

Toute rupture de communications entre le cerveau moyen et l'un ou l'autre de ces deux grands facteurs de la thermogenèse générale, système porte ou muscles thoraciques, entraîne l'hypothermie.

La ventilation artificielle ne remédie pas à la paralysie des muscles thoraciques. Quand, par une section de la moelle au niveau de la quatrième vertèbre cervicale, on a supprimé du même coup la circulation porte et les contractions respiratoires thoraciques, en conservant seulement une bonne ventilation pulmonaire diaphragmatique, on voit l'hypothermie et la torpeur se produire et, en même temps, le glycogène s'accumuler dans le foie.

Si le cerveau moyen peut subir directement l'action de l'acide carbonique, il peut également être influencé indirectement, à la manière d'un centre réflexe, par tous les excitants sensitifs ou sensoriels internes et externes, dont j'ai parlé à propos du sommeil et qui sont aussi des modificateurs de la calorification. Je rappellerai que ce qu'il y a précisément de remarquable dans la narcose carbonique, et, par conséquent, dans l'autonarcose carbonique ou sommeil naturel, c'est que les réflexes sont toujours conservés.

Dans les conclusions générales relatives au sommeil et à la thermogénèse, je n'ai pas cherché à prouver que le sommeil est le résultat d'un refroidissement du sang, comme le voulait Empédocle, ni que l'abaissement de température observée dans le sommeil est causée par celui-ci, ainsi que le prétendait Hunter, lequel ignorait que l'hypothermie précède le sommeil. J'ai voulu montrer que ces deux phénomènes sont étroitement liés, corrélatifs l'un de l'autre, parce qu'ils tiennent à une seule et même cause : l'accumulation progressive de l'acide carbonique dans le sang.

Dans le sommeil léger, le réveil peut être produit brusque-

ment avant que la température ait eu le temps de se relever et l'excès d'acide carbonique de s'éliminer. Dans cette condition, en effet, le cerveau n'est pas anesthésié, paralysé, il est seulement parésié, engourdi ; il conserve, en partie, sa sensibilité, qui n'est qu'assoupie et peut toujours être mise en jeu par une excitation un peu vive. De même, les effets de l'ivresse légère se dissipent instantanément sous l'influence d'une forte émotion, sans que pour cela l'alcool, qui les a produits, soit éliminé.

Dans la torpeur, au contraire, l'élimination de l'excès d'acide carbonique est nécessaire parce que le réchauffement est indispensable.

J'ai vainement cherché quelles objections sérieuses on pourrait victorieusement opposer à cette conception du sommeil : elle remplit toutes les conditions d'une bonne théorie, puisqu'elle explique les faits connus, les relie parfaitement les uns aux autres et permettra certainement d'en découvrir de nouveaux.

Elle seule, je le répète, fait comprendre d'une façon satisfaisante le cycle du travail, de la fatigue, du sommeil et du réveil, ainsi que les variations thermogéniques qui précèdent, accompagnent ou suivent ces divers phénomènes. Cette théorie nouvelle ne s'appuie pas sur de vagues hypothèses, mais sur des faits et des documents nombreux, précis, recueillis pendant huit années consécutives dans les meilleures conditions d'expérimentation et d'observation.

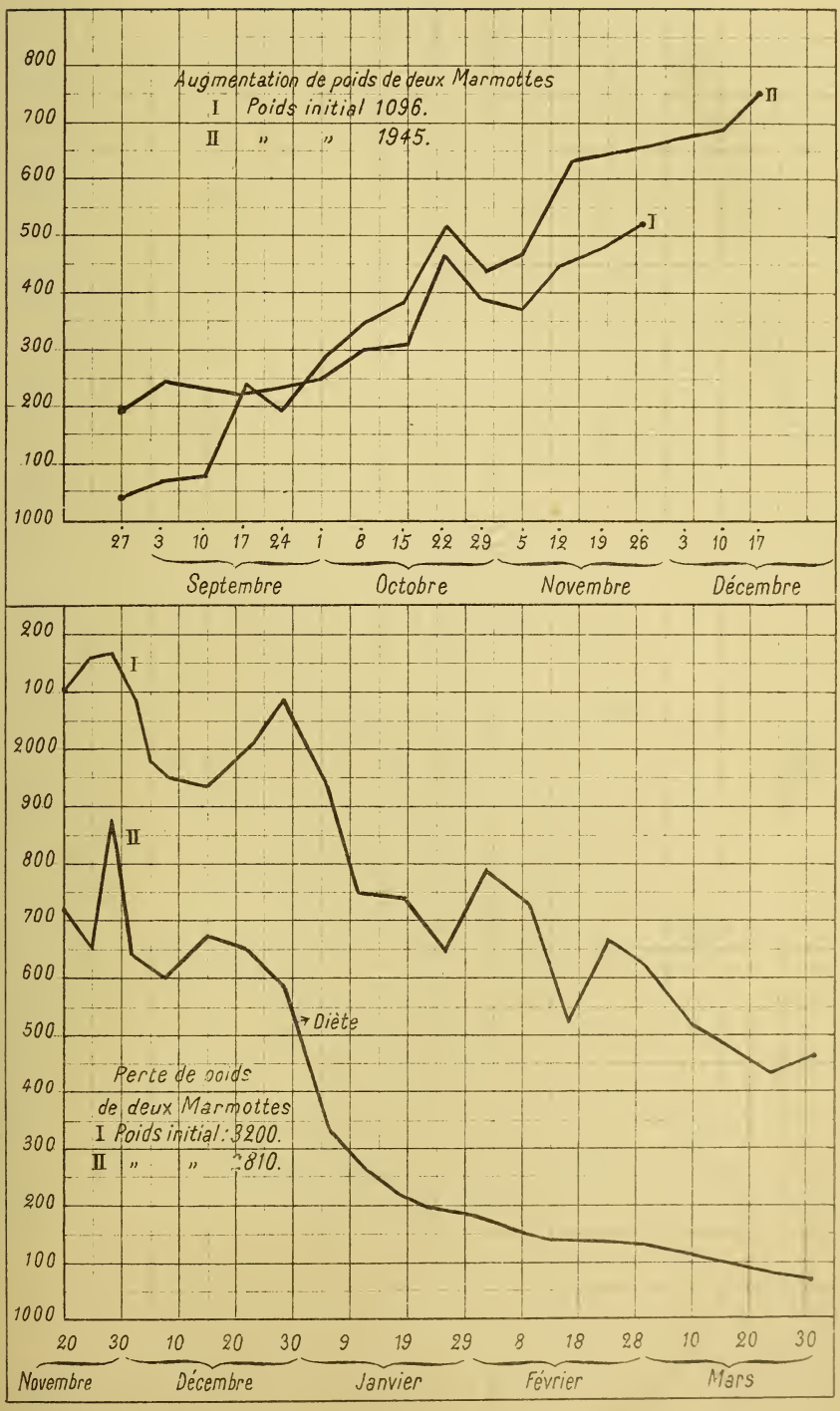
Quant aux expériences et aux observations concernant plus spécialement la thermogénèse, elles nous donnent une idée d'ensemble du mécanisme de la calorification générale et du rôle respectif et relatif des parties qui concourent à la production et à l'entretien de ce grand phénomène biologique.

Je crois avoir atteint, non sans peine, le double but que je m'étais proposé, mais même s'il en était autrement, les matériaux nombreux renfermés dans cet ouvrage n'en conserveraient pas moins leur importance particulière.

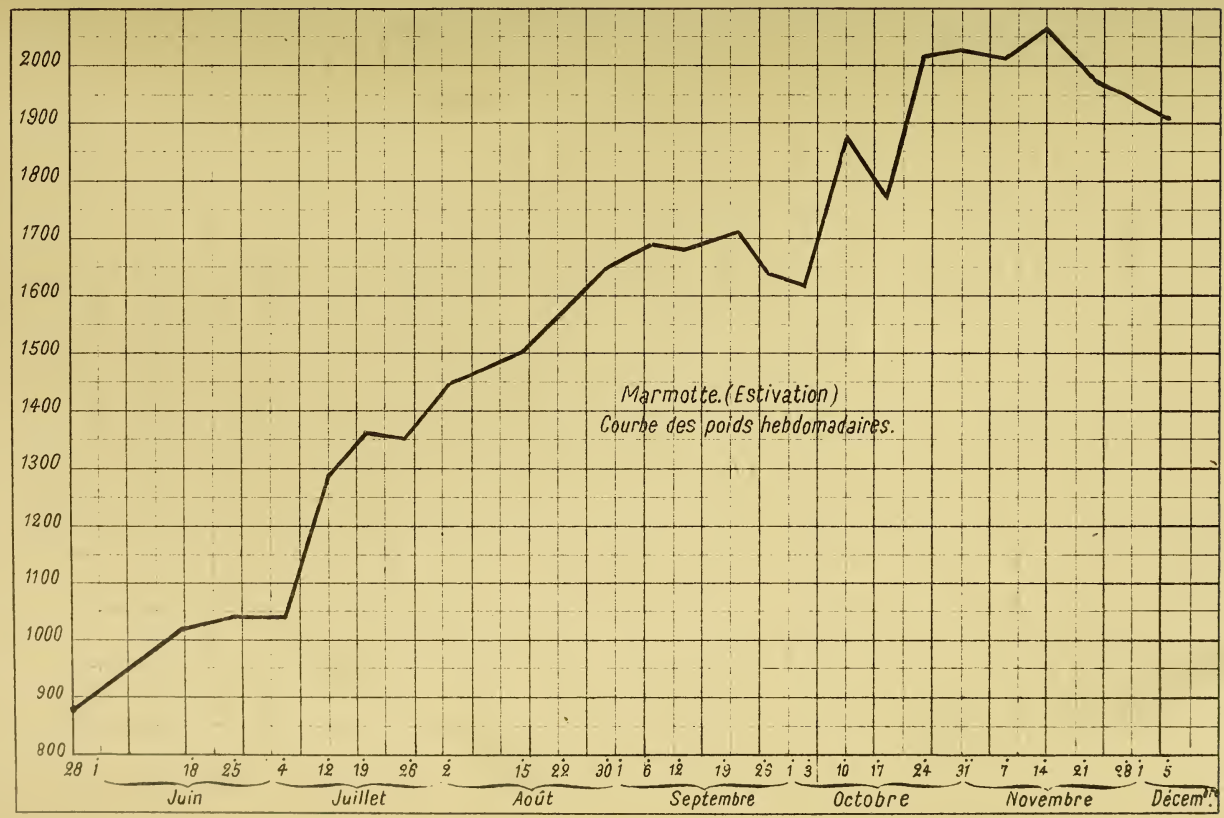
Sans doute, je ne me dissimule pas que dans une étude aussi vaste, puisqu'elle touche à presque tous les points de la physio-

logie des êtres vivants du degré le plus élevé, il existe des imperfections; il ne pouvait en être autrement, malgré de persévérants et consciencieux efforts : quelques petits esprits tenteront peut-être de s'en servir en manière d'échasses, mais cela importera peu à ceux qui ont coutume de marcher par les grandes routes. C'est pour ces derniers que ce livre a été écrit.

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY


Augmentation de poids de deux Marmottes
I Poids initial 1096.
II " " 1945.
800
700
600
500
400
300
200
100
1000
27 3 10 17 24 1 8 15 22 29 5 12 19 26 3 10 17
Septembre
Octobre
Novembre
Décembre
I
II
200
100
2000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
1000
Diète
Perte de poids
de deux Marmottes
I Poids initial: 3200.
II " " 2810.
20 30 10 20 30 9 19 29 8 18 28 10 20 30
Novembre
Décembre
Janvier
Février
Mars

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


Marmotte. (Estivation)
Courbe des poids hebdomadaires.
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
28 1 18 25 4 12 19 26 2 15 22 30 1 6 12 19 26 1 3 10 17 24 31 7 14 21 28 1 5
Juin
Juillet
Août
Septembre
Octobre
Novembre
Décem.r

APPENDICE

DOCUMENTS HISTORIQUES ET BIBLIOGRAPHIQUES (*)

Les anciens savaient que les Loirs s'endorment profondément l'hiver, et **Aristote** (1) émet à ce sujet cette idée assez singulière: que le sommeil doit mieux les nourrir que ne sauraient le faire les aliments pour les autres animaux, car on les trouve toujours abondamment pourvus de graisse ; d'après le même auteur, le Loir et l'Ours brun se retireraient, en hiver, dans des tanières où ils engraisseraient considérablement sans prendre de nourriture.

Les Grecs ne connaissaient probablement pas la Marmotte, car c'est **Pline** (2) qui en parle le premier; il la désigne sous le nom de *Mus Alpinus* et la compare au *Rat d'Egypte*.

Pour trouver sur les Marmottes des renseignements importants, il faut remonter jusqu'à la Renaissance, aux œuvres de l'admirable **Conrad Gessner** (3), à la fois naturaliste si érudit et observateur si exact qu'on ne sait trop à qui on pourrait le comparer. Il décrit bien leurs caractères morphologiques, leurs mœurs, les pièges avec lesquels on les prend, l'usage que l'on fait de leur graisse et d'autres produits que l'on en retire pour la médecine ; il s'attache à faire connaître la nature de leurs terriers et les phénomènes principaux de la torpeur hivernale. C'est le premier expérimentateur que nous rencontrons : il constate que, malgré

(*) Pour les indications bibliographiques, voir page 59 de l'appendice et suivantes, aux numéros indiqués ici entre parenthèses.

l'état de torpeur, la Marmotte a besoin de respirer pour vivre. Il parle également du Hérisson.

En ce qui concerne la Marmotte, **Aldrovande** n'est qu'un commentateur de Gessner. Quant aux autres naturalistes, dont j'ai pu consulter les œuvres jusqu'à **Schreuczer** (4), et **Buffon** (6) exclusivement, ce ne sont que des copistes d'Aldrovande et par conséquent de Gessner.

Schreuczer est surtout un anatomiste : ses recherches portent principalement sur l'utérus et sur l'ovaire de la Marmotte : il constate l'apparition des ovules pendant le sommeil hivernal, et fait d'assez nombreuses remarques anatomiques, sans intérêt particulier, sur les reins, les vaisseaux, l'intestin et les muscles. Il pense que la graisse fluide est absorbée pendant l'hiver et contribue à la sécrétion de la bile, dont la vésicule est pleine. Le pancréas est très développé ainsi que les autres glandes du corps, et spécialement celles qui sont le long des muscles (glandes hivernales?). Cet aspect des parties glandulaires est dû au manque de sérum ou de lymphe dans le sang de l'animal. Dans le duodénum il y a beaucoup de bile mousseuse, autre preuve, selon lui, de la diminution du sérum.

De Buffon fait des observations thermométriques sur les Loirs et constate, en hiver, que leur chaleur interne est à peu près égale à celle de l'air ambiant vers + 10 degrés. Ce n'est pas, d'après lui, un véritable sommeil, mais une torpeur s'emparant chez ces petits Rongeurs des membres et des sens : elle tient à ce qu'ils ne font pas assez de chaleur. La torpeur arrive dès que cette petite quantité de chaleur cesse d'être aidée par le milieu ambiant. Il fait des constatations de même ordre sur des Chauves-Souris, des Hérissons, mais il n'a pas l'occasion d'observer des Marmottes. Les Loirs, dit-il, meurent quand on les réchauffe brusquement près du feu, et il ne faut les dégourdir que par degrés. Dès que la température s'élève un peu au-dessus de + 10 à + 11 degrés, ils se raniment. En lieu chaud, ils ne s'engourdissent pas, vont, viennent, mangent, dorment de temps en temps, comme les autres animaux. En hiver, dans leurs trous, ils se serrent les uns contre les autres, se roulent en boule pour ne pas perdre la petite quantité de chaleur qu'ils produisent. La sensibilité persiste dans l'état de torpeur, mais elle est amoindrie : le cœur et le poumon fonctionnent avec moins de force, la circulation ne se fait probablement que dans les gros vaisseaux ; la respiration est faible et lente. Les sécrétions sont très peu abondantes, la transpiration est à peu près nulle. Ils dépensent cependant, car ils meurent dans leurs trous, pendant les hivers trop longs, mais peut-être de froid. Leur graisse est une nourriture interne qui suffit pour entretenir et suppléer à ce qu'ils perdent par la transpiration (respiration). Il arrive souvent

qu'ils se raniment pendant l'hiver et quand la température dépasse + 12 à 14 degrés, ils restent même éveillés plusieurs jours de suite et mangent de la nourriture accumulée dans leurs trous. De Buffon distingue trois espèces de Loirs : le Loir, le Lérot, le Muscardin, qui dorment pendant l'hiver, comme les Marmottes.

Daubenton (7) a décrit avec soin le Hamster et ses mœurs, mais principalement d'après Sulzer (10). Il donne une excellente description de l'état dans lequel il se trouve pendant la torpeur hivernale. Cet état se rapproche beaucoup de celui de la Marmotte, sauf que le Hamster se réveille de temps en temps pour manger des provisions qu'il a amassées dans son terrier. Quand le Hamster est engourdi, on n'observe pas de respiration, ni aucune sorte de « sentiment ». Le cœur bat néanmoins quinze fois par minute, le sang demeure fluide, les intestins, immobiles, ne sont pas irritables, le choc électrique ne réveille pas l'animal, tout est froid en lui.

M. Sulzer a noté, dit-il, par quels degrés le Hamster passe pour sortir de son engourdissement. Daubenton rapporte que dans une chambre sans feu, où il gelait assez pour que l'eau fût congelée, un Hamster ne s'engourdit à aucun moment dans l'hiver de 1763. Ce fait l'amena à penser que, pour s'endormir, le Hamster a besoin de manquer d'air. Un de ces animaux s'endormait quand on l'enterrait enfermé dans sa cage, mais il se réveillait dès qu'on le déterrait pour l'exposer à l'air libre, et cela aussi bien la nuit que le jour, ce qui prouve, dit Daubenton, que la lumière n'est pour rien dans la production de la torpeur. Il décrit avec beaucoup de soin, d'après Allemand, les mœurs du Hamster et son attitude pendant le sommeil.

Les recherches de Daubenton sur les Marmottes sont purement anatomiques et ne renferment rien d'important au point de vue physiologique.

De **Haller** (8) pense que si le sang, soit d'Oiseaux marins, soit de Hérissons (**Schrader**, dec. III, obs. 3), a pu être trouvé froid, c'est que l'animal avait été ouvert par un fort hiver et qu'il était engourdi par le sommeil et le froid, ce qui est indispensable pour que le sang du Rat de montagne se refroidisse dans ses quartiers d'hiver (**Lister**, *De humor.*, p. 104). Mais les Hérissons qu'il a disséqués, en été, avaient le sang chaud et il invoque le témoignage d'hommes « illustres », de Lister, de Tancrède, de Robinson *(in epist. posth. ad Raium)*, de Lancisi, dont je n'ai pu me procurer les œuvres originales; elles paraissent, d'ailleurs, de peu d'importance pour la question de l'hivernation.

J. Hunter (11) fait remarquer que le sommeil ordinaire peut se produire à toutes les températures, mais il a constaté, pendant celui-ci, un

abaissement de température : il est vrai qu'il est toujours peu considérable et ne dépasse guère 0°,83 centigrades. La digestion et la sécrétion s'opèrent pendant le sommeil, ce qui, selon lui, n'a pas lieu pendant la torpeur hivernale. Le froid agit comme sédatif, mais, dans certains cas, il stimule les forces vitales et les oblige à entrer en activité pour leur propre conservation.

Dans certains pays qui ont un été et un hiver, il y a quelques animaux dont les fonctions sont suspendues, mais c'est une chose naturelle pour eux et qui rentre dans les lois de leur existence, tandis que le froid, en arrêtant les mêmes fonctions chez d'autres, menace, au contraire, leur existence.

Il a fait des expériences sur des Hérissons l'hiver et l'été pour constater les différences de température, et sur les Loirs, pour montrer que la température n'est pas la même dans tous les points du corps.

Il insiste sur ce fait que la digestion et la reproduction nécessitent une certaine chaleur, et que le froid suspend, chez l'hivernant, la digestion, parce que celle-ci ne pourrait s'exercer pendant l'hiver, faute d'aliments. Il pense que lorsque la température de l'Ours, du Hérisson, du Loir, est assez abaissée, ces animaux perdent la faculté de digérer ou plutôt que le corps, sous l'influence d'un tel degré de froid, ne fait plus aucun appel à l'estomac.

Pallas (13 et 14) décrit un certain nombre de Rongeurs hivernants : *Arctomys affinis marmotæ*, *Mus citillus*, *M. Sagitta*, *M. tamaricinus*, *M. vagus*, *M. betulinus*.

Il fait remarquer que dans la tribu des Glires, tous les individus deviennent très gras en été et que la graisse se dépose surtout dans l'épiploon. Ils ont la glande thymus très développée et deux corps glandulaires ressemblant à ce dernier organe, sous la gorge, à la partie supérieure du thorax et semblant particulièrement vermeils et vasculaires dans l'état d'hivernation.

Spallanzani (15) dit que M. de Buffon est le premier qui se soit occupé sérieusement à chercher la cause de l'hivernation, mais il lui reproche d'avoir dit que les Lérots, les Loirs, les Hérissons et les Chauves-Souris ont un sang froid et n'ont par eux-mêmes aucune chaleur, de sorte qu'à l'approche de l'hiver leur sang se refroidit comme l'atmosphère. Ce reproche est exagéré, mais Spallanzani n'en insiste pas moins sur ce fait déjà constaté par de Haller, Lister, Robinson et Lancisi *(Phys.*, II) que le sang des Hérissons est chaud. Il fait les mêmes constatations sur ces animaux et sur les Chauves-Souris. Un de ses amis, Giannambragio Sangiorgio, de Milan, examina deux Marmottes sur sa demande et observa, dans un cas, 26 degrés c'est à-dire 16 degrés au-dessus de l'atmosphère

ambiante : l'autre Marmotte avait une température de 27 degrés. Spallanzani lui-même vit le thermomètre monter dans la bouche d'une Marmotte à 31 degrés. Il l'a vu s'élever, en outre, à 30 degrés et même à 31 degrés dans la bouche d'un Hérisson et dans le corps d'une Chauve-Souris, d'où il résulte, d'après l'illustre physiologiste italien, que ces animaux ont la même chaleur interne que nous. « Si M. de Buffon en a fait, dit-il, des animaux à sang froid, c'est qu'il a dû faire ses expériences en hiver, au moment où ils sont privés de sentiment et de mouvement parce que la chaleur interne qui les anime a diminué. » Il se demande ensuite si c'est le sang ou les solides qui sont atteints par le froid, et alors il imagine des expériences sur de véritables animaux à sang froid : Grenouilles, Salamandres, etc. : il leur enlève le sang, constate qu'elles s'engourdissent et dit qu'on ne peut accuser le refroidissement du sang là où il n'y a pas de sang : pour la même raison, on ne peut l'attribuer au ralentissement de la circulation. Ce sont les solides qui sont modifiés par le froid, les muscles sont raides, privés d'irritabilité. La variété dans les degrés de froid nécessaires pour engourdir les Loirs, les Abeilles, les Crapauds et les Marmottes doit tenir à la variété de l'impressionnabilité des fibres vis-à-vis du froid.

Le sang des Marmottes n'est jamais congelé dans les vaisseaux, même après une exposition à un froid de plusieurs degrés au-dessous de 0 degré Fahrenheit.

Les Chauves-Souris ne donnent plus signe de vie dans l'engourdissement profond. Si, dans cet état, on les place dans l'air raréfié, elles résistent sept minutes à l'asphyxie et seulement trois minutes si elles sont éveillées. Spallanzani a pu maintenir pendant quatre heures, sans les tuer, des Marmottes en état d'engourdissement, dans l'acide carbonique, l'hydrogène et l'azote, mais elles mouraient rapidement si elles étaient éveillées. Il constate qu'après avoir séjourné par un froid très vif pendant trois heures et demie dans un récipient rempli d'azote, il n'y avait pas de vapeur d'eau sur les parois.

Tréviranus (21) s'est occupé surtout des animaux à sang froid. Il dit que chez les animaux à sang chaud l'hivernation peut se produire, mais à un moindre degré que chez les Reptiles, et chez ceux-ci à un degré moindre que chez les êtres inférieurs. Chez les Marmottes, c'est le fruit d'une habitude acquise de s'endormir l'hiver, car celles qui sont tenues en captivité peuvent la perdre et, d'autre part, ces animaux s'endorment sans que le froid extérieur en soit cause. Il y a chez la Marmotte une résistance vitale qui lui permet de réduire la vie ou la faculté de vivre à son minimum. Cette résistance est subordonnée à la dépendance du rythme des mouvements toniques et principalement des mouvements

anapnoïques du milieu extérieur. Ce serait donc la suspension des mouvements respiratoires qui empêcherait les autres Mammifères de se refroidir comme les Marmottes.

Les recherches de **Carlisle** (23) sont surtout d'ordre anatomique. Il trouve chez tous les hivernants mammifères une structure particulière du cœur et de ses veines principales. La veine cave supérieure se divise en deux troncs : le gauche passant sur l'oreillette gauche s'ouvre dans la partie inférieure de l'oreillette droite, près de l'entrée de la veine cave inférieure. Les veines habituellement appelées azygos se réunissent en deux troncs dont chacun aboutit dans la branche de la veine supérieure du côté correspondant. Les artères et les veines intercostales sont exceptionnellement larges chez ces animaux. Carlisle n'apporte rien de bien nouveau au point de vue physiologique : il fait seulement jouer un rôle important à la position en boule que prennent les hivernants pendant le sommeil, et qui aurait pour effet d'entraver le cours du sang et de favoriser ainsi l'engourdissement.

Sur trois Marmottes des Alpes, **Mangili** (24), professeur d'histoire naturelle à Pavie, a fait de curieuses observations. Il a constaté la persistance de l'irritabilité des Marmottes que l'on pince dans l'état de torpeur; il note la lenteur et le peu d'amplitude des mouvements respiratoires. L'exposition à un froid un peu vif les ranime, les excite et le réveil se produit, même si l'on remet l'animal dans son nid aussitôt après cette excitation.

Ayant mis une Marmotte dans un récipient entouré d'un mélange réfrigérant à — 7 degrés, il vit, au bout d'une demi-heure, paraître de grands mouvements respiratoires, l'animal se réchauffa lentement et resta éveillé jusqu'au lendemain matin, luttant contre ce froid très vif. Si l'on eût persisté, dit Mangili, elle serait tombée dans une léthargie d'une autre nature, mais mortelle, cette fois.

Il a constaté que le cœur d'une Marmotte décapitée pendant la torpeur continuait à battre trois heures. Les pulsations, d'abord vives, et fréquentes, s'affaiblissaient et se ralentissaient peu à peu ; il y en avait 16 à 18 par minute au commencement de la première heure et 3 seulement à la fin de la troisième.

Sur une Marmotte sacrifiée pendant la veille, le nombre des pulsations n'était plus que de douze au bout d'un quart d'heure et de 8 après une demi-heure. Dans les minutes suivantes, il n'y eut que quatre pulsations très faibles et elles cessèrent complètement cinquante minutes après la mort. L'irritabilité des muscles de la Marmotte en torpeur est analogue à celle des animaux à sang froid.

Mangili a fait également quelques essais des gaz de la respiration, mais

ils sont imparfaits. Chez les Chauves-Souris, il a vu nettement que la circulation était ralentie seulement et non arrêtée comme la respiration. La température de la grotte où habitaient ces animaux s'élevait à + 9 degrés.

J.-A. Saissy (25) a remarqué que la température des Mammifères hivernants est toujours supérieure à celle de l'atmosphère, même en hiver, mais que si elle descend au-dessous de zéro, elle entraîne la mort.

La plupart de ces animaux s'engourdissent quand la température est de + 5 degrés. Si on les tire de leur léthargie, quelle que soit sa profondeur, la respiration et la circulation reprennent momentanément leur activité et remontent à un maximum en quelques heures.

Il est parvenu à engourdir, en été, des Marmottes dans une glacière à + 10 degrés, mais il lui fallut boucher le trou pratiqué dans le couvercle du vase qui contenait l'animal ; il y avait donc asphyxie partielle, mais il en a conclu qu'il faut de très basses températures pour engourdir les Marmottes. Pour que la torpeur se produise, il importe surtout que le froid soit constant et les animaux au repos. Les hivernants ne s'endorment pas tous à la même température. La Marmotte exige, d'après Saissy, un froid très vif et peut-être un terrier comme pour le Hamster (suivant Daubenton). Les Hérissons et les Chauves-Souris s'endorment avec une température de + 4 degrés à + 5 degrés ; tous ne se refroidissent pas au même degré. L'assoupissement de la Marmotte est plus profond que celui de la Chauve-Souris et surtout que celui du Lérot. La Marmotte se réveille en huit à neuf heures, le Hérisson en cinq à six heures, la Chauve-Souris en trois à quatre heures, le Lérot en deux heures. Le réchauffement artificiel n'est pas nécessaire, les excitations externes seules suffisent.

La consommation de l'oxygène est en raison directe de la température; elle est presque insensible avec une torpeur médiocre et « nulle » dans la léthargie profonde.

Dans l'état de torpeur, les hivernants peuvent supporter une atmosphère assez viciée pour qu'un oiseau y meure de suite. Saissy a relevé des particularités anatomiques spéciales aux hivernants :

1° Le poumon a peu d'étendue ; 2° la capacité du cœur, des artères, des veines de l'intérieur du thorax et de l'abdomen, sauf les vaisseaux pulmonaires, est plus considérable, et inversement, les vaisseaux de la périphérie sont plus petits. Il a été frappé de la grosseur des nerfs périphériques.

Dans la torpeur, le sang est froid, rouge brun dans les artères, comme dans les veines. Il contient peu de fibrine et serait peu coagulable. La bile est douceâtre, la graisse onctueuse ne se solidifie pas dans l'engourdissement. Il admet, comme cause de ce dernier, l'action du froid sur les nerfs sous-cutanés parce qu'ils sont gros et nombreux.

Les fibres de la peau se contractent et chassent le sang vers l'intérieur, comme il arrive pour les doigts de l'homme refroidi. L'immobilité de l'animal favorise la passivité des vaisseaux sanguins et diminue la respiration. Tous ces phénomènes supposent un trouble plus ou moins profond du système nerveux. Saissy pense que si ces animaux ne meurent pas en état de torpeur, c'est parce que leur sang a la propriété de rester fluide. La position en boule expose le moins possible de surface au froid, les membres sont tous repliés dans le creux de la courbure du corps. Les clavicules, le sternum sont pressés contre la partie antérieure du cou, de manière à intercepter le courant de sang qui va dans la tête et à comprimer la trachée. Les viscères abdominaux et les membres de l'arrière-train sont poussés contre le diaphragme, de façon à intercepter les larges canaux sanguins qui le traversent. L'extension de la cavité du thorax dans le sens longitudinal est entièrement empêchée.

Il résulte de ces circonstances que la circulation du sang et de l'air est restreinte et adaptée aux actions de la vie hivernale.

H. Reeve (28) a publié sur la torpeur des animaux un long mémoire dans lequel les citations des travaux de ses devanciers tiennent la plus grande place. Il envisage l'hivernation à la fois chez les Vertébrés et chez les Invertébrés, compare ce phénomène au sommeil naturel et discute les interprétations que l'on donnait autrefois de ce dernier. Dans la torpeur, la circulation se ralentit et la respiration s'arrête presque complètement, et même complètement si l'engourdissement est absolu : la digestion cesse et les puissances musculaires et nerveuses sont supprimées. Il a vérifié l'exactitude des expériences de Hunter sur la température des hivernants. L'influence du froid diminue l'action du cœur et des artères. Ainsi le Hamster n'a que 15 pulsations par minute quand il est engourdi, au lieu de 150 ; la Chauve-Souris en a souvent 200 à l'état de veille et seulement 14 en torpeur, quand on peut les compter. Reeve croit que si les Marmottes sont maigres au printemps cela tient à ce qu'elles ne trouvent pas assez de nourriture à leur réveil. Il dit que **Carnish** a constaté que les Chauves-Souris et le Muscardin perdaient quelques grains de leur poids pendant le sommeil, mais il attribue ce fait signalé aussi par Spallanzani, à des interruptions accidentelles de sommeil.

L'irritabilité des hivernants est affectée de même que la température; elle suit les mêmes lois, dans la perte graduelle de son énergie. Il parle d'une *Souris Sauteuse* (Dipus Canadensis) que l'on trouva complètement enveloppée dans une balle d'argile de presque 1 pouce d'épaisseur, très unie en dedans et située à 20 pouces au-dessous de la surface du sol (*Trans. Soc. Linn.*, v. IV, p. 115). Reeve fait remarquer que certains hivernants sont plus sensibles au froid que d'autres : le Muscardin

et la Marmotte le sont moins que le Mus sylvaticus qui, en Italie, s'engourdit en novembre.

Le Hérisson peut rester trois mois sans boire ni manger et l'Ours blanc polaire, au gros de l'hiver, resterait engourdi ou inactif pendant six semaines, sans provisions. Reeve combat énergiquement l'opinion accréditée de son temps, que les Hirondelles s'engourdissent pendant l'hiver.

Pour cet auteur, la diminution de la respiration est le premier de la série des actes accompagnant la torpeur : celle-ci est favorisée, à l'état de nature, par l'air confiné du terrier et par l'occlusion partielle des narines, bouchées par la fourrure, qui prédisposent au sommeil. La diminution de la respiration et de la circulation ne sont pas les seules causes de l'hivernation : il faut surtout tenir compte de la perte du mouvement, de la sensibilité et de l'action du froid sur l'*irritabilité* des muscles. En outre, les capillaires du système vasculaire semblent contractés par la perte de la chaleur animale : la diminution de la circulation, qui en résulte, commence toujours à la surface du corps, pour s'étendre graduellement jusqu'au centre.

Le système nerveux paraît d'abord affecté et l'équilibre entre celui-ci et le système musculaire est très rapidement détruit. Il n'y a entre les liquides et les solides aucun changement de rapports, bien que le **Dr Sponer**, dans sa thèse sur l'ascite abdominale, prouve que l'exposition au froid a pour effet de produire l'anasarque et de diminuer la force du pouls.

Reeve fait remarquer que beaucoup d'animaux qui hivernent dans leur pays, ne le font plus dans un autre : ceux qui s'endorment dans la Pensylvanie, n'hivernent plus dans la Caroline.

Il a observé qu'il existe des périodes pendant lesquelles les Marmottes peuvent alternativement manger et se refroidir.

Les Loirs et les Hérissons se réveillent aussi pour se nourrir et retombent ensuite en torpeur. Si on réveille trop souvent les Marmottes en les transportant d'une chambre froide dans une chaude, elles finissent par mourir.

Il croit que l'hivernation n'est pas une question d'habitude, mais que les hivernants ont une organisation spéciale, et, s'il se peut qu'ils n'hivernent pas toujours, cela tient à ce que certaines actions ne se produisent que lorsque les sensations voulues les provoquent. Il s'étend longuement sur l'action du froid sur l'homme, et en conclut que l'on n'a pas observé de phénomènes véritablement comparables à l'hivernation dans l'espèce humaine.

En résumé, Reeve adopte les conclusions suivantes :

1° La température des animaux est essentiellement liée avec la

fonction respiratoire; 2° la température interne peut varier, par suite de variations correspondantes dans la respiration, sans mal pour la vie, mais moins chez les animaux perfectionnés que chez les animaux à sang froid; 3° la température est plus uniforme chez l'Homme et chez les animaux qui consomment le plus d'oxygène; 4° la torpeur est naturelle à quelques animaux et c'est pour eux un moyen de préservation. En somme, dans ce long mémoire, Reeve apporte bien peu de faits nouveaux et originaux.

Prunelle (30) a constaté chez les Hérissons et les Chauves-Souris beaucoup de faits déjà signalés par ses prédécesseurs : il y a ajouté un certain nombre de remarques originales et d'expériences intéressantes. Il a vu mourir des Chauves-Souris après cinq coups de piston de la machine pneumatique, alors même qu'on leur rendait de l'air de suite. La graisse automnale des Lérots est insuffisante pour qu'ils puissent passer l'hiver : il faut qu'ils mangent de temps en temps. Prunelle remarque encore que les Marmottes n'ont pas toutes en même temps la même température. Il a noté qu'elles se dévoraient entre elles en captivité.

Vers la fin de l'hiver, les périodes léthargiques deviennent de plus en plus courtes, surtout pour les petites Marmottes : toutes maigrissent beaucoup.

Prunelle a trouvé le sang artériel plus rouge que le sang veineux, mais cependant moins rouge que le sang ordinaire. L'hémorragie semble ranimer l'animal : le sang coule d'abord très lentement ; dans une expérience, l'animal se réveilla au bout de trente-trois minutes et le sang artériel coula alors avec force. Dans une cloche, où il faisait dégager de l'acide carbonique, une Marmotte mourut en treize minutes, avec un léger mouvement convulsif. Il observe qu'il faut une excitation moins forte pour réveiller une Marmotte à la fin de son sommeil que dans les premiers temps.

William-Edwards (37) place une Chauve-Souris oreillard dans un vase aéré, dont la température est amenée par un mélange extérieur de sel et de glace à 1° : elle se refroidit de 2 degrés en deux heures. Des Cobayes et des Oiseaux mis dans les mêmes conditions ne se sont refroidis que de 2 à 3 degrés au plus. Il en conclut que les Chauves-Souris produisent habituellement moins de chaleur que ces animaux à sang chaud et que c'est à cette cause qu'il faut attribuer l'abaissement de leur température pendant la saison froide. Les autres hivernants doivent se comporter de même. Il est d'autant plus porté vers cette interprétation que certains animaux voisins des Rongeurs hivernants, les Souris, par exemple, ne font que peu de chaleur, et ce qui le prouve, c'est qu'elles ont des nids en toute saison et meurent très rapidement de froid.

Pour W. Edwards, les phénomènes de l'hivernation ne sont pas déterminés seulement par un certain degré d'abaissement de la température

extérieure : le sommeil, en été, réduit beaucoup la température des hivernants, ainsi que leur respiration; ils vont même jusqu'à s'engourdir, seulement leur torpeur n'est pas aussi profonde. Cet effet du sommeil naturel est tellement lié à la faculté de produire de la chaleur qu'il est, en général, d'autant plus marqué que cette faculté est moindre. Les animaux chez lesquels la faculté de produire de la chaleur est faible subiront, en été, un refroidissement en rapport avec la difficulté de la calorification; c'est ce qui arrive quand ils s'endorment : il y a donc un rapport entre l'hivernation et le sommeil naturel.

Les recherches d'**Otto** (41) portent à la fois sur un certain nombre de vrais et aussi de faux hivernants tels que le Castor et l'Ecureuil. Elles sont surtout anatomiques : pour cet auteur, contrairement à ce qu'avait prétendu Saissy, la carotide interne ne manque pas chez la Marmotte, mais elle est petite. Il est vrai que dans l'Ecureuil et quelques Rongeurs, elle traverse l'oreille moyenne et est souvent cachée dans un canal osseux qui parfois enfile l'étrier, comme cela a lieu chez la Taupe et divers Rongeurs non hivernants ; chez l'Ours et le Blaireau, ce vaisseau suit le trajet ordinaire.

Berger (43) a remarqué que les Lérots ne peuvent rester plus de soixante heures sans boire ni fienter, et la proportion des excreta augmente quand ils sont exposés au froid, sans abri. Il a fait quelques observations sur le Muscardin (Mus avellinum). Les Lérots, comme les Marmottes, mangent au besoin de la viande ; il leur prête des sentiments de solidarité : il a vu l'une d'elles étancher le sang de sa compagne blessée. Les Marmottes perdent 1/3 de leur poids, tandis qu'une Tortue perd 1/40. La diminution du poids du corps tiendrait à la perte de la graisse, qui est absorbée par la veine-porte, et il cite, à ce propos, l'opinion de Scheuchzer, mais il combat cette idée du même auteur que le cæcum sert de réservoir aux excréments pendant l'hivernation, car on trouve toujours celui-ci vide et comme s'il avait été lavé. Il y a encore dans ce mémoire quelques observations sans grande importance sur les Chauves-Souris.

Lacépède (45) pense que le refroidissement du sang est la seule cause de l'hivernation. Si l'on fouille, dit-il, les terriers par un temps chaud, les Marmottes se sauvent en creusant plus vite qu'on ne peut piocher pour les poursuivre. Il donne des renseignements assez complets et intéressants sur les mœurs des Marmottes et particulièrement sur leurs terriers. Lacépède a déterminé le poids des divers organes par rapport à celui du corps.

Thomas Pastré (42 et 47) parle d'un mémoire présenté à l'Académie par Erold et Raphur, en même temps que celui de Saissy, lequel obtint le prix, mais il n'en a pas eu connaissance. Il cherche à réfuter, par des

arguments théoriques, les idées de Saissy. L'afflux du sang dans les veines pulmonaires et dans l'oreillette gauche, produit par les mouvements respiratoires, détermine un sentiment d'oppression et l'animal est excité soit à pousser un soupir, soit à s'éveiller tout à fait. La léthargie est éventuellement interrompue, comme le sommeil ordinaire, et par les mêmes excitations externes ou par l'appétit.

Un froid modéré dispose à la léthargie, mais un froid vif conduit à la torpeur. Pastré pense que le sommeil est intermédiaire entre le refroidissement modéré et le phénomène d'hivernation. Il combat l'opinion émise par William-Edwards qu'entre les hivernants et les jeunes animaux il y a cette ressemblance que les uns et les autres ne produisent pas assez de chaleur pour garder une température élevée, lorsque l'air est à un degré voisin de zéro, mais il y a cette différence que c'est un passage chez les animaux à sang chaud et qu'il est permanent chez les Chauves-Souris.

Après avoir coupé la moelle d'un Hérisson hivernant depuis cent cinquante jours, juste au-dessous de l'occiput et détruit la moelle, il remarque : 1° Que les mouvements du cœur sont augmentés, la léthargie continuant à un degré extrême ; 2° que l'irritabilité du cœur est moins marquée du côté gauche que du côté droit ; 3° que, dans ces conditions du système animal, l'action du cœur est pendant une période considérable, indépendante du cerveau et de la moelle.

Desjardins (48) ne croit pas au sommeil estival du Tanrec (v. Coquerel). Il a étudié les agissements d'un Loir, en captivité, et en a conclu que le besoin du sommeil chez ces Rongeurs est aussi puissant que le besoin d'émigrer chez d'autres animaux.

Marshall Hall (56 et 58) a tiré de ses recherches les conclusions suivantes :

1° Le sommeil naturel de l'animal hivernant diffère beaucoup, mais seulement en degré, du sommeil d'un animal quelconque ;

2° Ce sommeil passe insensiblement à celui d'état de vraie hivernation et le sang perd son caractère artériel ;

3° Dans l'hivernation, la respiration et la production de la chaleur sont presque suspendues ;

4° L'irritabilité (probablement l'auteur veut parler des phénomènes réflexes) est, dans le même temps, singulièrement augmentée et l'animal supporte relativement la privation d'air ;

5° La sensibilité nerveuse et la motilité musculaire sont intactes ;

6° C'est un phénomène très singulier de voir la conservation de la sensibilité et la possibilité de supporter sans peine la privation d'air : l'auteur attribue ce fait à l'augmentation de l'irritabilité du cœur gauche ou à sa vaso-contractilité ;

7° Il y a une importante distinction à établir entre la vraie hivernation et la torpeur par le refroidissement : beaucoup de froid, comme toute cause de souffrance, fait sortir l'animal de sa léthargie, et, s'il est continué, la torpeur se produit.

La conclusion la plus générale est que le sommeil diminue la respiration et, par ce moyen, la production de la chaleur. L'insuffisance de la respiration fait perdre au sang ses propriétés artérielles et il devient un stimulant insuffisant du cœur.

Il a vu que le Hérisson restait en état de torpeur après section de la moelle au-dessous de l'occiput. Sur un Hérisson éveillé, auquel on avait fait la même opération, le ventricule droit continua à battre environ deux heures et celui de gauche cessa presqu'immédiatement; l'oreillette gauche ne battait plus au bout d'un quart d'heure et l'oreillette droite cessa aussi de battre longtemps avant le ventricule droit.

L'abstinence ne donne pas la torpeur mais y prédispose en rendant l'animal plus susceptible au froid.

Palmer (50) est le traducteur anglais de Hunter, dont la traduction française a été faite par Richelot. Palmer a ajouté des notes originales, et parmi celles-ci, il donne son opinion sur le phénomène de l'hivernation. Il y a, dit-il, la même relation entre le sommeil normal ordinaire des animaux, en général, et le sommeil particulier des animaux hivernants qu'entre ce dernier et l'état de torpeur complète. Dans le premier de ces états, la respiration est diminuée et la température du corps s'abaisse de 1°50 ; dans le second, la respiration est diminuée davantage et la température du corps est réduite à un petit nombre de degrés au-dessus du milieu ambiant ; dans le troisième, enfin, la respiration est suspendue entièrement et la température du corps est égale à la température ambiante. Le froid agit évidemment comme cause prédisposante à ces divers états. Toutefois, dit-il, Cuvier a fait remarquer que dans certains climats très chauds, tels que l'Ile de France, on trouve quelques animaux qui tombent dans un état de torpeur seulement pendant les mois les plus chauds de l'année.

Tous les hivernants ne se comportent pas de même : il y a de grandes différences : le Hérisson, le Loir se réveillent tous les trois ou quatre jours, quand le temps devient plus doux ; et, pendant ce court instant d'activité, ils rendent de l'urine et des matières fécales, ce qui n'aurait pas lieu, si dans leur état d'engourdissement, la digestion et les sécrétions étaient suspendues. On n'a jamais rien observé de semblable pour la Chauve-Souris, parce que celle-ci est un animal insectivore et que son réveil n'aurait aucun but d'utilité dans une époque de l'année où il n'y a pas d'insectes. Cependant, même chez la Chauve-Souris dans son état

d'engourdissement, la circulation se continue au point que le pouls bat encore jusqu'à vingt-huit fois par minute.

Fr. Jahn et **Czermak** (51 et 52) ont établi un intéressant parallèle entre le choléra et le sommeil hivernal.

Tiedemann (54) ne trouva dans l'estomac d'une Marmotte engourdie qu'une mousse blanche, molle, placée tout à fait près de la membrane muqueuse de l'estomac. Il remarqua dans l'intestin grêle des mucosités blanc-rougeâtre mélangées à de la bile. Le cæcum renfermait un liquide mucilagineux gris jaune où se trouvaient quelques poils de l'animal, et dans le rectum un liquide gris brun visqueux semblable à du méconium d'enfant : le foie était gros, d'un rouge brun jaunâtre, les vaisseaux contenaient peu de bile, la vésicule était remplie de bile rouge brun.

Berthold (57) s'est contenté de résumer les résultats obtenus par Pallas, Spallanzani, Prunelle, Saissy, Mangili, Tiedemann, Succow et d'autres, mais il ne donne pas d'indications bibliographiques.

Dugès (60) pense que l'Homme peut s'engourdir par les grands froids, mais ce n'est pas par reflux vers le cerveau, c'est par torpeur, par annihilation des fonctions nerveuses, comme chez l'hivernant. Pour cet auteur, la torpeur hivernale se rapproche beaucoup plus de l'état fætal que du sommeil ordinaire.

Il pense que l'absorption est très peu active pendant l'hivernation et, à ce propos, cite une observation de **Gaspard** d'après laquelle on aurait pu introduire sans danger de la strychnine sous la peau, sans causer d'accidents.

Le travail que l'on attribue en général à **Gmelin** (61) est en réalité une dissertation inaugurale soutenue sous sa présidence, pour obtenir le grade de docteur en médecine. Le nom de l'auteur n'est pas même mentionné : c'est une compilation des travaux de Mangili, de Prunelle, de Spallanzani, de Saissy, etc.

On y trouve l'opinion formulée par **Jacobson** (*Meckel's Archiv.*, Bd. III) que ce qui est décrit par Prunelle sous le nom de thymus n'est pas un vrai thymus, mais un organe différent de celui-ci. Le thymus persiste, chez ces animaux, tout le temps de la vie, se montre avec le sommeil et disparaît avec lui, pour reparaître encore. Il ne contient presque pas de liquide; on doit le distinguer des glandes hivernales.

La conclusion de l'auteur est que le sommeil des hivernants ressemble au sommeil ordinaire dans lequel la respiration, le cours du sang et la chaleur sont diminués.

Lortet (de Lyon) (64) a publié des observations de température bien suivies sur le Muscardin. Ce petit rongeur se conduit à peu près comme le Lérot. Il cesse complètement de tomber dans des états léthargiques,

en juillet, et recommence en octobre. Le sommeil, pendant le temps de l'hivernation, est toujours léthargique, avec abaissement considérable de la température. Lortet n'a jamais pu surprendre le Muscardin en état de sommeil analogue à celui des autres mammifères, c'est-à-dire sans diminution de chaleur et sans ralentissement ou irrégularités de la circulation ou de la respiration Il suffit de quelques instants pour que le Muscardin tombe de l'état de veille dans celui de sommeil.

Barkow (66) reconnaît à la torpeur hivernale des causes internes et des causes externes.

Les premières sont :

1° Une structure particulière des organes respiratoires;

2° Un pressentiment de l'hiver, une sorte d'instinct spécial et un besoin particulier de repos ;

3° Une sensibilité spéciale expliquée par une structure organique peu avancée.

Comme cause externe, il admet avant tout l'abaissement de la température.

L'œuvre de Barkow est surtout une compilation dans laquelle il a réuni et classé les faits connus de son temps sur les animaux hivernants à sang chaud et à sang froid.

Avec Desjardins, **Coquerel** (68) ne croit pas à l'estivation du Tanrec. Ces animaux, dit-il, se cachent dans leurs terriers depuis le mois de juin jusqu'en novembre pour ne plus sortir qu'après la mauvaise saison.

Brown-Séquard (74) est aussi très affirmatif en ce qui concerne l'hivernation du Tanrec : « On a considéré, dit-il, que le froid n'est pas une condition essentielle de l'hivernation en se basant sur ce fait prétendu avéré et qui n'est pas vrai. Ce fait est que le Mammifère appelé Tanrec (Erinaceus ecaudatus), qui habite les îles Maurice, de la Réunion et Madagascar, est à l'état torpide pendant les mois chauds et secs. » Il combat vivement cette opinion de Cuvier et de Bruguière et affirme que le froid est bien la cause de la torpidité du Tanrec qui se comporte comme le Hérisson d'Europe, dont il est très voisin, et comme les autres Mammifères hivernants. Brown-Séquard a vu les Tanrecs rentrer en terre et y demeurer torpides de juin jusqu'en novembre, c'est-à-dire pendant la saison d'hiver, dans les îles où ils vivent. Le même savant a noté que les Loirs pouvaient devenir torpides à une température de 20 à 22 degrés centigrades.. Il en a vu dormir pendant une semaine entière à la température de 15 à 20 degrés centigrades. Le Hérisson peut être torpide entre 20 et 22 degrés, comme il l'a vu à Paris. A Philadelphie, il a observé une Marmotte torpide, en juin, avec une température de 21,5 à 23 degrés centigrades.

Pendant la durée de sa torpeur, le Tanrec est sous l'influence d'une chaleur de 15 à 22 ou 23 degrés centigrades, rarement plus, et quelquefois moins ; « donc ces animaux sont exposés à une température suffisamment basse pour les rendre torpides, puisque cette température peut produire la torpidité chez les animaux hivernants des pays froids ».

Robert Annan (70) parle des expériences de divers observateurs et en particulier de celles de Reeve, de Norwich, sur les Chauves-Souris; elles absorbent, dans l'état de torpeur, de l'oxygène, exhalent de l'acide carbonique et quelquefois de l'azote. Après la mort, le corps aussi bien que ses fragments, absorbe de l'oxygène, de l'azote et rejette de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Il n'y a rien de personnel dans ce travail.

Regnault et **J. Reiset** (71) disent que les expériences qu'ils ont faites sur la respiration des Marmottes donnent l'explication très simple du fait observé par Sacc, à savoir que souvent les Marmottes en torpeur augmentent sensiblement de poids, bien qu'elles ne prennent aucune nourriture. En effet, sur une Marmotte engourdie et froide, on a trouvé que le poids de l'oxygène consommé était de $13^{gr}088$, tandis que le poids de l'acide carbonique exhalé ne s'élevait qu'à $7^{gr}174$. Or, l'animal n'avait rendu ni excréments, ni urines; si donc, il n'avait pas, d'un autre côté, perdu de l'eau par la transpiration, son poids se serait augmenté de $5^{gr}914$ par la respiration seule, pendant les cinq jours qu'il est resté dans l'appareil. Il a certainement perdu une partie de cette eau par la transpiration, mais cette perte a pu être beaucoup moindre que $5^{gr}9$, parce que la température de l'animal était basse et supérieure seulement de 4 degrés à celle du milieu ambiant.

Voici maintenant les conclusions de ces auteurs relatives aux Mammifères hivernants :

La respiration des Marmottes, complètement éveillées et se nourrissant bien, ne présente rien de particulier ; elle est semblable à celle des autres Mammifères qui prennent la même nourriture, mais celle des Marmottes, complètement assoupies, est très différente : souvent il y a absorption d'azote et le rapport de la quantité d'oxygène contenu dans l'acide carbonique à celle de l'oxygène consommé est beaucoup plus faible, car il ne s'élève quelquefois qu'à 0,4.

D'une part, le poids de l'oxygène qui entre dans des combinaisons non gazeuses étant plus grand que celui de l'acide carbonique dégagé et d'un autre côté, l'animal perdant peu d'eau par la transpiration, parce que sa température n'est pas très supérieure à celle du milieu ambiant, il en résulte que *la Marmotte augmente sensiblement de poids par sa seule respiration.* Cette phrase est soulignée dans le texte même. Mais cette

augmentation n'est pas indéfinie parce que, de temps en temps, l'animal rend des urines.

La consommation d'oxygène par les Marmottes engourdies est très faible ; elle ne s'élève souvent qu'à 1/30 de celle qu'exigent les Marmottes éveillées, et il est possible que cette consommation soit bien plus petite lorsque ces animaux sont exposés à une température beaucoup plus basse que celle qu'ils ont eue dans leurs expériences.

Au moment où les Marmottes sortent de leur léthargie, la respiration devient extrêmement active et, pendant la période de réveil, elles consomment beaucoup plus d'oxygène que lorsqu'elles sont complètement éveillées; leur température s'élève rapidement et leurs membres sortent successivement de leur engourdissement.

Les Marmottes engourdies peuvent séjourner longtemps, sans en éprouver d'effets fâcheux, dans un air pauvre en oxygène, qui asphyxie une Marmotte éveillée en quelques instants. Ces animaux ne paraissent pas pouvoir passer, par leur seule volonté, de l'état de réveil à l'état de torpeur.

Ces auteurs expriment le regret de n'avoir pas pu faire des expériences autrement que vers la fin de l'hiver et à des températures qui n'étaient pas assez basses.

Claude Bernard (76, 78 et 100) a publié à diverses époques des remarques et des expériences sur les Marmottes et sur le phénomène de l'hivernation. Pour l'illustre physiologiste, les animaux à jeun et ceux qui hivernent incomplètement ne ressemblent pas à la Marmotte engourdie. Il trouve des analogies entre l'hivernation et le choléra parce que le sang est artérialisé dans les veines de la Marmotte en torpeur ; les globules rouges sont engourdis, leur fonction amoindrie au point que ces animaux peuvent s'en passer pendant un certain temps, tandis que dans les conditions ordinaires les fonctions vitales des globules sont si exaltées que leur soustraction détermine immédiatement la mort de l'animal. La température rectale peut s'abaisser jusqu'à + 3 degrés.

Chez la Grenouille, c'est l'abaissement graduel qui cause l'engourdissement et l'élévation lente et successive qui produit le réveil. Pour la Marmotte, le Loir, le Hérisson et les hivernants à sang chaud, en général, le froid agit primitivement sur le système nerveux périphérique, secondairement sur les mouvements respiratoires qui sont ralentis ; c'est aussi par le système nerveux que l'animal se réveille. Si on excite la Grenouille engourdie, il ne se produit rien, tandis que si on excite une Marmotte, en un quart d'heure elle retrouve sa température de la veille.

La respiration de l'hivernant se ralentit en même temps que le sucre disparaît, mais le glycogène s'accumule dans le foie : celui-ci contient

aussi du ferment, mais ils ne réagissent pas l'un sur l'autre. Si on sacrifie un Loir en plein sommeil, on trouve encore une certaine quantité de glycogène dans le foie, mais au bout de quatre heures de réveil, il n'y en a plus. Chez la Grenouille, dès que le réveil se produit, le sucre apparaît.

Que se passe-t-il ? Chez l'hivernant, le glycogène existe, le ferment aussi, mais ce dernier est latent, il n'est pas en contact convenable pour agir. La température a aussi une influence sur le phénomène. Le système nerveux intervient également pour empêcher cette destruction du glycogène et du sucre. Si on coupe la moelle avec respiration artificielle, le sucre disparaît dans le sang et le foie, mais le glycogène se trouve en quantité dans le foie.

Lorsqu'on a refroidi un lapin par section de la moelle, il n'y a pas de sucre dans le foie : mais à un moment donné, on constate que le sucre reparaît : un morceau de foie extrait quand il n'y avait pas de sucre et exposé à la température de 15 degrés, celle de l'animal étant de 28 degrés, fait cependant du sucre. Ce n'est donc pas le froid qui a paralysé le ferment, mais la section de la moelle.

Les animaux à température fixe sont pourvus d'un régulateur du milieu intérieur qui est le système nerveux : il serait différent chez les hivernants.

Les phénomènes de la nutrition sont complexes, il y en a qui absorbent de la chaleur, d'autres qui en dégagent. Si on réveille un hivernant, la quantité d'oxygène absorbée n'est pas, pense Claude Bernard, en proportion de son rapide échauffement : cela tiendrait à ce que l'oxygène est emmagasiné dans les tissus et le sang pendant le sommeil.

A propos de la couleur rouge du sang des hivernants, Claude Bernard dit qu'il en est ainsi toutes les fois que le système nerveux est affaibli et qu'il y a, par conséquent, une absorption moindre d'oxygène.

La chaleur est un excitant pour le système musculaire de la vie organique et du cœur en particulier ; c'est là un fait frappant chez l'hivernant.

Claude Bernard a émis l'opinion que la matière blanche contenue dans l'estomac de la Marmotte en torpeur est absorbée par la veine porte et transformée en sucre, mais il n'a fait aucune recherche à ce sujet. A propos d'une expérience, dans laquelle Valentin avait trouvé de la matière sucrée dans la bile, le diaphragme, la capsule surrénale droite, l'estomac, il dit qu'il s'agissait certainement d'un phénomène de diffusion cadavérique.

Claude Bernard n'a étudié les Mammifères hivernants que d'une manière incidente.

Milne-Edwards (77) considère le Porc-Épic, les Écureuils, l'Ours

brun et le Blaireau comme des hivernants; mais ces deux derniers ont le sommeil plus léger que les Hérissons, les Loirs, etc. L'Ours polaire, qui est essentiellement carnassier, ne s'engourdirait pas comme l'Ours brun. Tous les rongeurs des pays froids n'hivernent pas, le Lemming par exemple. Il rapporte que le Tanrec de Madagascar ne tomberait pas en léthargie pendant la saison chaude, mais, au contraire, pendant les mois où la température est la plus basse.

Aucune des hypothèses hasardées jusqu'à présent pour expliquer le sommeil hivernal ne paraît satisfaisante.

Au point de vue de la thermogenèse, cet auteur divise les animaux en quatre catégories :

1° Les animaux à sang chaud et à température constante qui produisent beaucoup de chaleur et qui, sous l'influence d'un froid modéré, augmentent cette proportion de façon à conserver une température propre, qui ne varie que peu;

2° Les animaux à sang chaud et à température variable, qui sont aptes à produire assez de chaleur pour résister à des causes de refroidissement d'une puissance médiocre, mais ne sont pas organisés pour supporter un abaissement notable de température intérieure, et périssent rapidement quand la température du milieu ambiant s'abaisse beaucoup ;

3° Les animaux à sang chaud et à température essentiellement variable, qui se refroidissent très facilement et pour lesquels ce refroidissement entraîne un ralentissement dans les fonctions vitales sans être une cause de mort, c'est-à-dire les animaux hivernants ;

4° Les animaux à sang froid, ne produisant pas assez de chaleur pour avoir dans les circonstances ordinaires une température propre s'élevant beaucoup au-dessus de celle du milieu ambiant, et qui supportent sans inconvénient un refroidissement considérable, soit en s'engourdissant, soit en conservant la plénitude de leur activité vitale. Le savant professeur de la Sorbonne n'a pas fait d'expériences personnelles, mais il expose avec beaucoup de clarté les résultats des travaux principaux sur la question de l'hivernation.

L'expérimentateur auquel on doit le plus grand nombre de recherches originales sur les Marmottes est incontestablement **Valentin.** Il a publié vingt-six mémoires sur la question, et ses travaux ont été poursuivis depuis 1857 jusqu'en 1881, c'est-à-dire pendant vingt-quatre ans environ. Malheureusement, on ne trouve pas dans ces recherches la méthode qu'il convenait d'apporter dans une semblable étude; aussi les résultats ne sont-ils pas en rapport avec l'effort dépensé.

Le *premier mémoire* est consacré à des *généralités* et le *second mémoire* aux *changements de poids du corps* (79).

Les Marmottes mangent quelquefois pendant la période d'hivernation, en captivité, et se rendorment après, pas toutes cependant. Valentin a vu des Marmottes s'engourdir en juin avec une température de 18°4 et rester ainsi pendant trois jours; quelques jours avant, elles étaient complètement réveillées. Elles sortent de leur torpeur avec une température de + 3 à + 5 degrés, mais ne peuvent y retomber si la température est inférieure à + 6 degrés. La pression barométrique n'a pas d'influence, ce qui était à prévoir, puisqu'elles viennent des hautes montagnes et dorment au niveau de la mer. Avec l'air raréfié, on obtient expérimentalement deux effets distincts. Si l'air est raréfié rapidement, il y a de l'agitation dès le début, même à une dépression inférieure à celle où habitent les Marmottes; puis, en pompant plus lentement, elles deviennent plus calmes jusqu'à un moment où l'absorption de l'oxygène n'est plus suffisante; elles s'agitent alors de nouveau. Il a pu les comprimer à 2, 3, même 4 atmosphères sans provoquer de troubles du sommeil. Le vent d'un soufflet les réveille. Le sommeil peut se continuer avec les plus grandes pressions ou les plus grandes dépressions des abîmes et des montagnes. En vase clos, la suffocation asphyxique arrive sans réveil préalable. Le calme du milieu ambiant est une nécessité. L'animal se met en boule dans le sommeil profond, il a la queue en avant, les paupières closes, la pupille régulièrement dilatée, les mâchoires serrées : aucun mouvement n'est visible.

Pendant l'engourdissement moyen, on peut maintenir la Marmotte demi-étendue, car elle est alors moins fortement courbée et si on la soulève par le cou, elle s'étend un peu. Elle est comme ivre, se roule avec les yeux fermés et fait des mouvements lents : elle peut alors tomber de la table où elle est posée.

Valentin note que l'on peut faire des opérations sans provoquer de réveil immédiat.

La lumière du soleil pénétrant dans l'œil, même à l'aide d'une loupe, ne les réveille pas ; il en est ainsi d'un coup de pistolet. Si un deuxième coup est aussitôt tiré, la bête se remue et se rendort immédiatement, mais il y a alors des respirations visibles qui se continuent assez longtemps. L'ammoniaque approché du nez les réveille rapidement; l'essence de térébenthine agit moins vite. Les excitations des muqueuses rectale, vaginale, de l'arrière-bouche peuvent provoquer le réveil.

Les Hérissons ont le sommeil plus léger : le bruit détermine des respirations bruyantes et suffit à les réveiller.

Les périodes de sommeil sont plus courtes au début et à la fin de l'hivernation.

Les Marmottes se réveillent de temps à autre pour uriner et déféquer.

Des bêtes pesées chaque jour eurent un mois de sommeil continu, ce n'est qu'exceptionnellement qu'il a observé une durée de deux mois.

Dans les périodes de réveil, elles montrent le même caractère que dans la période de veille.

Valentin a étudié les modifications du poids du corps. Il signale des amas de graisse sous-cutanés et de plus considérables dans l'abdomen, entre les deux feuillets du péritoine et contre la paroi même, du côté du cœur, dans l'enveloppe des muscles, dans le creux de l'aisselle. Le thymus est très développé. Il se demande si l'amaigrissement est continu, mais il n'a pas d'expériences journalières, les animaux étaient dérangés par d'autres expériences : il fixe pourtant à 1/4 ou 1/6 la perte totale que Mangili, Prunelle et Berger fixaient à environ 1/4 à 1/5. Si le sommeil est troublé, la diminution de poids peut aller jusqu'à 1/5 en quarante jours. Il admet que la perte de poids par l'urine et les matières fécales équivaut au double de la perspiration. Avec Sacc, il trouve que chez la Marmotte et le Hérisson, à la diète absolue et en sommeil, il y a parfois augmentation de 1 à 2 grammes, mais seulement dans les périodes les plus favorables à la torpeur, de 2°2 à 13 degrés ; il l'attribue à la fixation d'oxygène. Dès la fin du sommeil hivernal, quand les Marmottes s'agitent, elles perdent aussi rapidement du poids que les Cobayes et les Lapins en état d'inanition ; elles sont aussi à ce moment en inanition. La Marmotte endormie ne perd pas plus qu'un serpent inanimé.

Valentin a vu dans une atmosphère bien sèche la diminution de poids s'accélérer aussi bien par la perte d'eau que parce que le sommeil devenait plus léger. Le contraire avait lieu dans une atmosphère chargée d'humidité.

Un liquide aqueux et acide est secrété en forte proportion par l'estomac pendant la moitié de l'hivernation et décroît ensuite. Il renferme des flocons blanchâtres, qui sont des débris épithéliaux : on y trouve parfois des granulations ressemblant à celles de la bile. Ce liquide, exceptionnellement, peut être neutre. Dans un cas, la région cardiaque et la moitié du pylore étaient complètement pâles, pendant que le cæcum était notablement coloré en rouge.

Il dit que **Saussure** rapporte, dans ses « Voyages alpestres », que son guide Pierre Balmat avait déterré plus de cent Marmottes et trouvé leur boyau complètement vide en automne. Elles paraissaient, d'après son dire, comme remplies avec de l'eau claire : une évacuation ou un jeûne précède par conséquent le sommeil d'hiver.

D'après Valentin, à aucun moment l'intestin ne paraît complètement distendu. L'intestin grêle renferme des mucosités pures ou mêlées à de la bile : elles sont amenées successivement dans le gros intestin, vraisemblablement avec des produits nouvellement survenus et enfin con-

densées par la résorption de l'eau, fondues ensemble en boules d'excréments d'un vert sombre. Il n'y a jamais un remplissage considérable de l'intestin grêle et du côlon, la Marmotte vidant de temps en temps son tube digestif. Le cæcum paraît rester actif; il est d'ordinaire plus rempli que le reste de l'intestin.

Le foie est rouge brun avec des lobules bien visibles; son volume diminue pendant l'hivernation, les cellules hépatiques deviennent très petites à la fin de l'hivernation. La vésicule biliaire regorge toujours de bile vert sombre, neutre, rarement un peu alcaline. Jamais Valentin n'y a trouvé de cristaux de cholestérine, mais il y a vu de petits cristaux indéterminés en forme de colonnes. La rate n'offrait rien de particulier. A la fin de l'hivernation, on y trouvait quelques cristaux en colonnes.

Les reins ont la structure ordinaire. Il a recueilli dans la vessie de l'urine acide avec quelques cristaux de phosphates tribasiques, les mêmes ont été aussi rencontrés dans les excréments. L'urine des Marmottes éveillées est assez souvent alcaline. Il n'y a jamais de spermatozoïdes dans le testicule de la Marmotte endormie.

Les cavités abdominales de la plupart des Marmottes ne renfermaient qu'une médiocre quantité d'une eau incolore à tous les moments de l'année. Un seul sujet étouffé au milieu de l'hivernation présentait une quantité abondante d'un liquide jaunâtre, en quelque sorte alcalin.

Il n'a pas vu, comme Prunelle, le cœur et les gros vaisseaux gorgés de sang à la fin de l'hivernation; seulement, de temps en temps, il a observé des quantités considérables de sang dans la moitié gauche du cœur. L'opinion de Prunelle, que le poumon se rétracte pendant l'hivernation, ne lui paraît pas exacte. Il n'a pas rencontré de ce côté des différences appréciables et constantes à la fin et au commencement. Il n'a pas vu chez la Marmotte ce que Barkow aurait constaté chez le Hérisson, à savoir que l'épiglotte est agglutinée au palais.

Valentin comprend, comme Prunelle, sous le nom de glande hivernale, le thymus. Il l'a vu aussi s'accroître jusqu'en automne pour disparaître à la fin de l'hivernation, en grande partie. Cet organe vient du cou, s'étend aux épaules, au creux de l'aisselle et à la cavité pectorale; par de puissants rejetons, il recouvre la chaîne sympathique et accompagne l'aorte. La partie pectorale de la glande hivernale consiste simplement dans des masses situées à la base du cœur et du péricarde, et dans le voisinage des gros vaisseaux. De forts amas de substance glandulaire se trouvent de temps en temps entre l'omoplate et la paroi de la poitrine. Valentin ne pense pas, avec Stannius, qu'ils soient l'origine du système sympathique et les considère comme des glandes vasculaires sanguines, analogues au thymus.

Il vit que le sang porte d'une Marmotte, qui avait été asphyxiée après une hivernation de six semaines, resta liquide plus de vingt-quatre heures. Les globules du sang ont une dimension intermédiaire entre ceux du Taureau et ceux du Mouton, de 1/180 millimètre.

Il ne lui a pas semblé, comme à Mangili, que les muscles des Marmottes fussent plus pâles en état d'hivernation.

La graisse disparaît plus vite dans l'abdomen, mais, à la fin de l'hivernation, celle de la cavité orbitaire elle-même est consommée à cette période. Comme l'avait vu Prunelle, si les animaux reçoivent beaucoup de nourriture, la graisse ne reparaît point pour cela ; elle n'est pas rouge, comme l'a dit Contet, par rapport à celle des Marmottes éveillées, qui serait blanche : il y a seulement une différence de teinte qui s'explique par la disparition de la graisse. Il combat l'opinion de Prunelle, à savoir que la graisse transsude au travers de la peau.

Après avoir rappelé les chiffres donnés par Daubenton et Berger pour le rapport du poids des différents organes à celui du corps, Valentin expose les résultats très détaillés de ses pesées des divers tissus : adipeux, musculaire, nerveux et des organes, reins, poumons, etc., faites sur trois Marmottes, mais qui, de l'aveu même de l'auteur, n'étaient pas dans des conditions irréprochables. Ces chiffres ne paraissent pas avoir un grand intérêt au point de vue physiologique de l'hivernation, n'étant pas pris par comparaison avec d'autres Mammifères Rongeurs non hivernants.

Tableau de la répartition du poids pour cent net (c'est-à-dire du pour cent du poids du corps, non compris l'urine et le contenu du tube digestif) *des divers organes avant et à la fin de l'hivernation* :

Commencement de l'hivernation.		Fin de l'hivernation.	
Organes.	Pour cent du poids net.	Organes.	Pour cent du poids net.
—	—	—	—
Muscles du corps. . .	26.19	+	29.73
Squelette	17.34	+	21.85
Graisse.	17.05	—	traces
Peau.	16.39	+	17.13
Foie.	3.33	—	2.25
Glande hivernale. . .	1.33	—	0.68
Cerveau.	1.08	+	2.03
Cœur.	0.61	+	0.72
Diaphragme	0.60	—	0.54
Rein.	0.51	+	0.93
Moelle	0.26	+	0.48
Rate.	0.096	+	0.14

Le cerveau, la moelle épinière, les yeux, les glandes salivaires l'œsophage, une partie de l'intestin grêle, mais surtout le gros intestin, les reins et la vessie prennent une valeur considérablement plus forte à la fin qu'au commencement de l'hivernation. La graisse est tombée dans un cas de 17 pour 100 à 1/5 pour 100 et la glande hivernale de 1.33 à 0.68.

Mais, en prenant en considération la valeur pour cent du poids particulier initial de la masse du tissu, on a pour ce cas :

35.1 au-dessus de la perte totale moyenne . . .	Graisse	99.31
	Glande hivernale. . .	68.78
	Foie	58.74
	Diaphragme.	45.65
	Larynx et poumon. . .	44.56
	Peau.	35.31
35.1 au-dessous de la perte totale moyenne. . . .	Muscles du corps. . .	30.30
	Cœur.	27.48
	Glandes salivaires. . .	15.00
	Squelette.	11.69
	Rate.	10.87
	Intestin grêle. . . .	7 65

Ces chiffres montrent que la graisse, la glande hivernale et le foie perdent la plus grande partie de leur poids.

Les prolongements de la glande hivernale descendant des deux côtés de l'aorte disparaissent complètement, mais des masses considérables demeurent encore au-dessous du cœur, au cou et aux épaules. La perte de poids de cette glande est relativement plus rapide dans les quarante-quatre premiers jours.

Si l'on cherche combien chaque tissu principal fournit pour la perte moyenne par jour, durant l'hivernation, on obtient les chiffres suivants :

Organes	Perte moyenne par jour pour une Marmotte d'un kilog. exprimée en grammes. Après une hivernation de 44 jours	Après une hivernation de 163 jours
Perte totale évaluée par jour. . . .	1.90	2.18
Graisse.	0.72	0.999
Muscles du corps.	»	0.49
Peau	0.10	0.34
Foie	0.05	0.12
Glande hivernale	0.08	0.05
Poumons.	0.01	0.02
Intestins.	»	0.077

Valentin compare la consommation de la Marmotte hivernant avec celle des Pigeons mourant de faim.

La Marmotte consomme surtout de la graisse, la masse des muscles s'use beaucoup moins vite que si l'animal jeûne à l'état de veille. Le foie et le tube digestif se comportent à peu près semblablement. Le poumon contribue plus fortement, et le cœur d'une façon moindre, à la perte totale de l'animal hivernant.

Chez les Chiens mourant de soif, ce qui fournit le plus de perte, ce sont les muscles, la peau et la graisse. Il y a alors une participation plus marquée des organes du mouvement actif que dans les Marmottes engourdies.

Si le cerveau, la moelle épinière, les yeux, les reins ne souffrent aucune diminution essentielle pendant l'hivernation, le même phénomène se répète chez les animaux qui meurent de faim et de soif. La vésicule biliaire est également remplie chez les animaux qui ont péri d'inanition.

La graisse des Marmottes perd plus que celle des Pigeons morts de faim.

Les Pigeons morts de faim dépensent par jour, en moyenne :

40 fois autant de la masse musculaire,

et seulement :

33 fois autant du tissu du tube digestif,
18,8 fois autant de foie,
15 fois autant de poumons,
9 à 13 fois autant de squelette avec la moelle,
5 fois autant de tissus cutanés

que la Marmotte engourdie.

Le Pigeon emploie des organes précieux, comme les muscles, et la Marmotte seulement de la graisse qui peut se remplacer ; l'hivernation appartient à l'activité régulière.

La durée du jeûne des Lapins, avant la mort, est à la durée de l'hivernation comme 1 est à 18,9.

Le rapport de la perte du poids du corps, pendant le jeûne, à celle de l'hivernation, se trouve être comme 18,3 est à 1.

La décroissance du Lapin ou du Cobaye jeûnant est 21 fois plus grande que celle de la Marmotte endormie.

Il compte que l'hivernation dure 163 jours.

Les Marmottes avaient perdu, en 134 jours d'hivernation, 0,18 et 0,23; les Lapins et les Cobayes morts de faim 0,35, comme grandeur moyenne.

Le *troisième mémoire* contient l'étude de la *chaleur* chez la Marmotte.

Quoique plongée dans un profond sommeil, la Marmotte entretient, dans les couches d'air qui l'entourent, un degré de chaleur marqué. Valentin s'en est assuré en suspendant une rangée de thermomètres de

plus en plus éloignés du corps de l'animal. Parfois, quand la Marmotte repose sur un corps plus froid, elle peut présenter un degré inférieur à celui du milieu ambiant.

Les Marmottes réveillées, mais qui ont jeûné depuis longtemps, ont toujours un degré de chaleur moindre que celles qui sont en activité estivale.

Valentin divise le réchauffement en quatre périodes :

1° Du réveil au demi-réveil; 2° état d'ivresse; 3° sommeil léger; 4° état hivernal complet.

Pendant l'ivresse, il trouve 18 degrés d'écart entre la bouche et le rectum.

Il donne aussi quelques chiffres relatifs à la différence de la chaleur du Hérisson par rapport à celle du milieu ambiant.

Après avoir rappelé que Berger a trouvé des différences de température entre le pharynx et le rectum, lui-même constate qu'il y a environ 1 degré de différence, mais seulement pendant le sommeil profond ; il n'en est pas de même dans l'état de veille.

Il a mesuré les écarts existant entre le rectum et la bouche (la boule du thermomètre était placée entre la joue et les dents molaires); malheureusement, ils ont été relevés sur des animaux divers et à des moments différents:

Marmotte éveillée	3°15
— éveillée, mais indolente	4°95
— réveillée pendant l'expérience	3°60
— éveillée, mais en ivresse	13°08
— sommeil léger	1°86
— sommeil profond	2°54
— sommeil agité	0°73
— sommeil calme	0°96
— sommeil léger	1°26

Il n'est pas besoin, dit-il, d'un examen thermométrique pour démontrer que la tête et la première moitié du corps sont plus chaudes que le rectum et que la partie postérieure. Dans cet état, l'animal remue plus facilement les pattes de devant que celles de derrière.

La plus haute température relative de la bouche s'obtient sur des Marmottes mortes, quelques instants après la mort, mais cette différence disparaît assez rapidement.

Le nombre des respirations n'est pas toujours en rapport avec le nombre des degrés de température interne.

Il a vu parfois augmenter la température de la bouche quand celle du rectum diminuait.

Les conclusions de ce mémoire sont que la marche de l'élévation de la température dépend de celle du milieu ambiant, de l'état de la circulation, de la profondeur et de la fréquence de la respiration, du sommeil précoce, ou de l'état de la bête à son réveil. Le nombre seul des respirations ne peut donner le coefficient d'accroissement de la température.

Le *quatrième mémoire* est consacré à l'étude de l'*exhalation des poumons et de la peau.* Le Hérisson ne convient pas autant que la Marmotte pour cette étude, parce qu'il se réveille trop facilement et présente de grandes irrégularités respiratoires.

Les cinq états du sommeil se caractérisent bien plus par la quantité d'acide carbonique exhalé que par les quantités d'oxygène absorbées par kilogramme et par heure.

Sommeil le plus profond.	$0^{gr}020$ CO^2
— tranquille.	de $0^{gr}020$ à $0^{gr}050$
— léger	de $0^{gr}050$ à $0^{gr}250$
— avec ivresse	de $0^{gr}250$ à $0^{gr}700$
Veille	de $0^{gr}762$ à $1^{gr}273$

Il tire d'autre part cette conclusion de ses expériences, que la Marmotte éveillée exhale en moyenne 75 fois autant d'acide carbonique et consomme 41 fois autant d'oxygène que dans son profond engourdissement.

Quand la Marmotte est éveillée, elle consomme proportionnellement moins d'oxygène qu'elle n'exhale d'acide carbonique, comme cela se voit, d'après l'auteur, chez d'autres Mammifères éveillés, mais c'est le contraire chez la Marmotte endormie.

Le Hérisson éveillé exhale environ 20,5 fois autant d'acide carbonique et absorbe 18,4 fois autant d'oxygène que le Hérisson engourdi.

Plus l'engourdissement est intense et plus l'absorption de l'oxygène dépasse l'exhalation de l'acide carbonique. Vers la fin d'une période de sommeil au neuvième jour, il vit que la quantité d'acide carbonique expiré, dans tous les cas, surpassait celle de l'oxygène absorbé, mais l'animal était près de son réveil.

Valentin a trouvé sur 7 expériences que 2 fois il y avait eu absorption d'azote et 5 fois perte du même gaz. Une plaque de verre, enduite d'acide chlorhydrique, développe des nuages blancs distincts quand on la met en contact avec l'air d'un réservoir où a séjourné une Marmotte pendant un certain nombre d'heures.

Il trouve que la Marmotte éveillée élimine 20 fois autant d'eau que dans le sommeil le plus profond ; mais il a obtenu des chiffres trop forts,

car il faut joindre à l'exhalation pulmonaire celle de la peau, qu'il ne pouvait séparer avec son appareil.

Il a confirmé les remarques de certains observateurs précédents, à savoir que les Marmottes et les Hérissons peuvent séjourner assez longtemps dans un air fortement saturé d'acide carbonique, et relativement pauvre en oxygène.

Une Marmotte enfermée en vase clos avait 13 respirations par minute, une heure après 16 ; au bout de quatre heures, il n'existait plus de mouvements respiratoires : l'animal était mort sans changer sa position première.

Le *cinquième mémoire* comprend l'examen des dépenses visibles : des *excréments*, de l'*urine*, de la *bile* et aussi celle du *sucre du foie*.

La plupart du temps l'excrément et l'urine s'évacuent en même temps : si une évacuation séparée a lieu, c'est le plus souvent celle de l'urine. Les Marmottes se réveillent pour uriner et déféquer, si on ne les dérange pas, environ toutes les trois semaines et demie à quatre semaines et demie, quelquefois toutes les six semaines seulement.

Dans le courant de l'hiver une Marmotte éveillée pendant plusieurs jours reste en état de veille sans rendre soit des excréments, soit de l'urine. Toutefois, un réveil plus ou moins long précède toujours ces évacuations. Les excréments séjournent quelquefois très longtemps dans la partie inférieure de l'intestin, si l'engourdissement n'est pas supprimé pour une autre raison.

La vessie semble parfois ne pas se vider complètement ; il est probable qu'elle peut supporter le résidu de son trop-plein, même si l'animal reste un certain laps de temps éveillé après avoir uriné.

Dans l'intestin d'une Marmotte morte en hivernation, pesant 964 grammes, Valentin a trouvé dans l'estomac $1^{gr}9$ de liquide ; dans l'intestin grêle $3^{gr}3$; dans le cæcum $4^{gr}9$; dans le côlon $1^{gr}8$ et dans le rectum $0^{gr}05$.

Les *excréments* se solidifient de plus en plus en descendant le tube digestif.

Une Marmotte profondément endormie fournit 28 fois plus d'urine que d'excréments et, si son sommeil a été plusieurs fois interrompu, elle en donne 61 fois plus. Le réveil plus ou moins long multiplie donc la quantité d'urine en proportion.

L'analyse chimique, très insuffisante d'ailleurs, des excréments, ne fournit aucun résultat bien intéressant : ceux des Marmottes engourdies sont surtout composés de matières bilieuses et accompagnés probablement de dérivés des matières azotées albuminoïdes. Tandis que les sulfates sont en faible proportion, les phosphates terreux s'y trouvent en abondance. On est surpris d'y rencontrer aussi peu de chlore : ils sont plus riches en fer que les résidus de l'urine.

La couleur de l'*urine* est variable chez les Marmottes engourdies. Plus ou moins brun jaune, elle est souvent, et surtout dans les deux premiers tiers du sommeil hivernal, teintée de vert. A l'approche du printemps, elle est beaucoup plus transparente, plus claire et plus jaune qu'auparavant. Elle a souvent une odeur musquée. Vers la fin de l'hivernation, elle renferme fréquemment du phosphate ammoniaco-magnésien.

La cendre représentait 0,75 à 1 pour 100 de l'urine fraîche.

L'azote atteignait en moyenne 0,85 pour 100 avec le sommeil tranquille, l'urée variait de 4,95 à 7,70 pour 100 chez une première Marmotte : de 3,38 à 6,02 pour une seconde, et, pour une troisième de 3,33 à 5,32 ; le sommeil agité augmentait cette proportion.

Valentin a trouvé que le poids spécifique de l'urine était compris entre 1,020 et 1,039.

L'acide sulfurique oscillait entre 0,34 pour 100 et 1,02 pour 100. Ces variations de l'acide sulfurique n'étaient pas parallèles à celles de l'acide phosphorique.

Comme dans les excréments, le chlore se rencontrait en petite quantité dans les urines, soit environ 0,3 pour 100 de chlorure de sodium.

Valentin n'y a trouvé ni albumine, ni sucre (si ce n'est dans un cas exceptionnel). Très rarement la matière colorante de la bile s'y montrait. Il y avait environ 0,13 pour 100 de chaux, mais jamais Valentin n'a pu déceler la présence du fer dans les cendres de l'urine d'une de ses Marmottes : s'il y en avait, c'était certainement en moindre quantité que dans l'excrément.

Dans deux expériences, il a vu que pour 100 parties de résidu solide, il y avait :

Carbone	25,16	24,30
Hydrogène	6,01	6.15
Azote et oxygène	58,17	59,99
Cendres	10,66	9,56
	100,00	100,00

Pour 100 d'urine, il y avait de 0,75 à 0,81 de cendres et environ 7 à 8 de matières solides.

Valentin a donné un tableau des substances éliminées chaque jour par l'urine, mais il fait observer lui-même qu'il y a eu des dosages isolés et que ces moyennes ne sont pas très certaines. Ces chiffres ne paraissent pas offrir un grand intérêt, je ne les reproduis pas.

En général, le sommeil profond donne une urine d'un poids spécifique inférieur et contenant moins d'acide urique et d'acide phosphorique.

L'eau et l'acide urique augmentent un peu avant la mort, la première substance surtout s'accroît beaucoup plus que la dernière.

La sécrétion de la *bile* se poursuit pendant le sommeil hivernal et la vésicule est, en général, archipleine chez les animaux endormis. Une Marmotte, qui était morte après avoir mangé, avait peu de bile. Il semble que, pendant le sommeil hivernal, il s'accumule aussi une plus grande quantité de bile dans la vésicule que pendant l'inanition. Elle est vert noirâtre, opaque, neutre, ne contient pas de sucre.

Il a obtenu des réactions cupriques fortes avec le sang, le foie, la bile, le contenu de l'estomac, le diaphragme, le poumon droit et une réaction faible avec la capsule surrénale droite et le muscle cardiaque. Il note encore une réaction équivoque avec les muscles du corps, pas de réaction avec l'intestin et son contenu, ni avec la rate, le sang de la partie inférieure de la veine cave et du cœur gauche, la glande parotide, la glande hivernale, la glande de Harder, les rognons, la vessie et le cerveau, la capsule surrénale gauche. Le foie d'une Marmotte morte d'épuisement au cent cinquantième jour de sommeil ne contenait pas de sucre. Dans deux autres cas, après cent soixante-six et cent cinquante-neuf jours de sommeil, au contraire, une Marmotte, qui avait subi une opération et fut tuée par section du bulbe, en donna 1,12 pour 100.

Sur une autre Marmotte asphyxiée par étouffement, étant en état de torpeur depuis cent soixante-cinq jours, on trouva 1,12 pour 100 de sucre dans le foie.

Valentin tire de ses expériences les conclusions générales suivantes :

Le *sucre* se produit durant tout l'hiver, en sommeil régulier; il se forme non seulement du sucre, mais encore de la matière glycogène et du ferment ;

Les Marmottes qui meurent à la fin du sommeil hivernal, quand même elles auraient pris de la nourriture dans l'intervalle de leurs réveils printaniers, ne renferment jamais de sucre. Ce dernier manque dans les animaux malades, ou morts d'inanition ; il ne se produit pas non plus par l'action de la salive, donc il n'y a pas davantage de glycogène ;

Le fait que, dans une expérience, la bile, le contenu de l'estomac le poumon droit, et une partie de la capsule surrénale ainsi que le cœur contenaient du sucre, provient probablement d'une transsudation après la mort ;

Il se peut, par contre, que le sang froid de l'aorte et l'urine fraîche d'une Marmotte tuée à la fin de son sommeil hivernal donnent une légère réaction cuprique ;

L'opinion de Claude Bernard que le liquide sécrété dans l'estomac passe dans la veine porte et produit du sucre paraît avoir plusieurs faits contre lui ;

Le sucre se conserve beaucoup plus longtemps dans le foie frais de la Marmotte tuée en torpeur que chez les Mammifères éveillés.

Le *sixième mémoire* (83) est consacré à l'étude des *rapports de la nourriture et de ses changements avec la torpeur hivernale.* Ce mémoire ne renferme aucune acquisition importante.

Le *septième mémoire* (85) contient les résultats de nouvelles observations faites par Valentin sur les *changements de poids du corps.* Il admet que pendant le sommeil léger, comme pendant le sommeil profond, il se fait des accroissements de poids du corps, mais qu'ils sont dus à une double cause agissant ensemble ou séparément, à savoir le surplus proportionnel de l'oxygène fixé et la fixation d'eau hygrométrique par la surface du corps.

En enveloppant des Marmottes dans des corps mauvais conducteurs, ouate, foin, il obtenait une stabilité relative du poids du corps : la tête seulement était au dehors, et alors il s'établissait un équilibre dans la répartition de la chaleur, tel que la différence de la température de la partie postérieure et antérieure diminuait.

Les expériences, qu'il relate, de divers aliments introduits dans la bouche pendant le sommeil n'offrent absolument rien d'intéressant. Il note que le sel qui a fondu dans cette cavité les réveille rapidement, sans doute par son goût désagréable.

Il n'a pu arriver à aucun résultat précis pour la *détermination de la rapidité de la circulation* par les injections rectales d'éther, par l'assa fœtida, l'acide sulfhydrique et d'autres substances, parce que l'absorption est considérablement amoindrie.

Dans son *huitième mémoire*, Valentin admet qu'à un moment donné, c'est dans la glande hivernale que se trouve le plus de graisse et que celle-ci disparaît complètement dans cet organe quand il n'y en a plus autre part; ce n'est pas une atrophie, mais seulement l'utilisation des aliments de réserve qui amène son amaigrissement.

Dans le sommeil profond, une fracture d'un os, ou même son ablation, ne provoquent pas le réveil pendant l'opération, mais activent seulement la respiration : si l'opération a été plus grave et plus longue, on trouve les animaux éveillés quelques heures après : une excitation électrique légère peut produire le même résultat. En général, le sommeil revient du deuxième au troisième jour ou seulement au bout d'une semaine.

Les plaies saignent peu, à moins de sections de gros vaisseaux : elles sèchent vite et se cicatrisent facilement : cependant, on voit parfois, à la suite de lésions graves, de la suppuration et de la mortification des tissus.

Sur une Marmotte à laquelle Schiff avait enlevé 3 à 4 centimètres du

sciatique, et qui était tombée en sommeil profond, on pouvait facilement étendre la patte du côté blessé et non de l'autre.

La lenteur de la nutrition empêche, dit-il, la réparation rapide des nerfs et des os. Il n'a pas pu constater de différence de température entre les membres sains et les membres opérés, même quand il y avait purulence.

Dans son *neuvième mémoire* (88), Valentin a fait d'importantes observations sur les *battements du cœur;* il y a vu qu'on pouvait laisser plus de vingt-quatre heures une aiguille plantée dans les ventricules sans amener le réveil. Quelquefois, ce n'est qu'au bout de trois minutes que se produit un battement et l'excitation de la piqûre ne provoque pas seulement une inspiration; d'autres fois, le sommeil devient même dans la suite plus profond et la quantité des battements du cœur et des aspirations décroît peu à peu.

Les battements du cœur durent plus longtemps dans le sommeil profond : c'est ainsi que l'on comptera 10 secondes pour 7 battements ; 4″ pour 15 ; puis, 85″ pour 70 battements.

La durée de la systole est plus courte, quand les battements sont rares, que celle de la diastole. Quelquefois, dans le sommeil profond, l'aiguille n'indique aucun battement pendant plusieurs minutes, mais cela peut tenir à ce qu'ils sont très atténués, comme péristaltiques.

Des commotions sur la table où repose la Marmotte endormie, ou encore de l'acide sulfurique déposé sur la plante du pied, peuvent augmenter considérablement le nombre des chocs du cœur.

Ces derniers, ainsi que les aspirations, répondent aux excitations du vague au cou ; il se produit d'abord un ou plusieurs mouvements d'aspiration, puis quelques chocs du cœur, s'ils manquaient auparavant ; finalement, il y a repos persistant du cœur et de l'aspiration, souvent plus d'une minute après le commencement de l'excitation. Le repos du cœur peut durer un temps sensiblement plus long que l'excitation. La suspension de ces deux importantes fonctions n'entrave pas nécessairement la durée du sommeil profond.

Il n'y a pas de dépendance nécessaire cependant entre les aspirations et les chocs du cœur. On peut voir des battements sans une aspiration; si celle-ci manque depuis plusieurs instants, des battements rapides apparaissent, puis l'aspiration survient, ce qui montre que c'est l'arrivée du sang frais en plus grande abondance qui la provoque. Mais, le plus souvent, c'est l'aspiration qui commence et le cœur qui suit. Il n'y a pas de rapport absolu entre les battements et les inspirations. L'expiration dure plus longtemps que l'inspiration et, dans le plus profond sommeil, il y a quelquefois des repos assez longs, dix minutes, par exemple, dans le

sommeil profond, entre deux aspirations, puis quelquefois des séries de plusieurs mouvements successifs.

Valentin, dans son *dixième mémoire* (89), parle de ses expériences pour la recherche de la *Pression du sang*. La persistance de la fluidité du sang jusqu'à la fin de l'hivernation favorise les opérations nécessaires pour prendre la pression intravasculaire. Dans le sommeil léger, la pression intra-carotidienne est beaucoup plus faible que chez les autres animaux : elle égale 53 millimètres au maximum. Il est probable qu'elle est encore plus faible dans le sommeil profond, avant les excitations opératoires, qui augmentent les mouvements du cœur et de la respiration. Dans l'intervalle des battements, la pression diminue jusqu'à ce qu'il se présente un nouveau battement. Ces variations, pour chaque contraction du cœur, étaient de 2 à 6 millimètres, presque invariables, sauf dans les derniers moments de la vie.

L'inspiration profonde n'est pas liée à une diminution correspondante de la pression du sang artériel : elle peut, au contraire, être suivie d'une augmentation. Si la bête, engourdie, ne respire qu'à de longs intervalles, la pression remonte comme par secousses. Valentin croit qu'au moment de l'inspiration, l'arrivée du sang au cœur augmente sa tonicité et fait hausser la pression. Il pense, sans en être bien certain, que la systole est séparée de la diastole par un repos se traduisant par un plateau dans la courbe.

Après une longue pause, suivie d'une profonde inspiration, la pression est souvent élevée, ce qui tient à l'exagération de vitalité du cœur, par le sang frais.

On peut examiner le mésentère sous le microscope et on voit alors que le sang est en repos dans les artères et les veines qui ont un vingtième de millimètre de diamètre au moins. On croit à une interruption de circulation ; si la masse est enfin en mouvement, il n'y a aucun battement, aucun mouvement saccadé, mais un courant lent et régulier ; bientôt, chaque mouvement respiratoire profond l'accélère un peu.

Chez la Marmotte très endormie, le sang est en repos pendant des périodes proportionnellement longues.

Le cœur d'une Marmotte engourdie continue à battre, en grande tranquillité, fréquemment deux à trois heures et, parfois même, le double de ce temps après l'ouverture de la cavité pectorale. Si on souffle dessus, on provoque un mouvement, alors qu'une goutte d'eau brûlante ne produit aucun résultat.

Si un battement survient après une longue pause, il est de règle que la contraction des oreillettes précède celle des ventricules. Cependant, plusieurs fois, Valentin a vu chez une Marmotte, dont la trachée avait été

liée, les contractions du ventricule se faire isolément. Dans les derniers moments, les oreillettes se contractent seules. Il n'a jamais pu observer la moindre trace de systole avant celle des oreillettes. L'intervalle entre la contraction de l'oreillette et celle du ventricule est toujours très court.

Dans l'état normal, la contraction paraît commencer au sinus et arriver à l'oreillette peu après. Aussitôt que celle-ci a eu lieu, la contraction des ventricules commence à la base et va jusqu'au sommet. Ceci se reconnaît chez quelques Marmottes plus facilement que chez les animaux éveillés.

Pendant la systole, l'axe longitudinal du cœur se raccourcit, mais le diamètre transversal et surtout antéro-postérieur augmente beaucoup, de sorte que la paroi antérieure du cœur se voûte fortement et que la pointe devient arrondie.

L'excitation des nerfs vagues peut encore arrêter la contraction cardiaque une heure après l'ouverture de la poitrine.

Valentin a vu une Marmotte à laquelle il avait fortement lié la trachée continuer à dormir sans faire aucun mouvement respiratoire et ne commencer à remuer que quarante-deux minutes après qu'on lui avait mis le sciatique gauche à nu; la bouche s'ouvrait de temps en temps ; trois quarts d'heure à une heure après l'opération, il n'y eut que quelques mouvements d'agitation et la mort arriva sans combat. Il remarque seulement quelques mouvements respiratoires de loin en loin. Les mouvements du cœur étaient plus lents et, plusieurs fois, quoiqu'il n'entrât pas d'air dans le poumon, on vit quelques battements du cœur suivre régulièrement un mouvement respiratoire.

L'apparition de l'acide sulfhydrique, injecté dans le rectum, mettant trente et une fois autant de temps pour apparaître dans l'air expiré par une Marmotte engourdie que dans celui qui est rendu par un lapin, il est probable que la durée de la circulation est de trois et demie à quatre minutes. Le cyanure de potassium n'a rien donné de concluant.

Les expériences de Valentin sur l'*excitation électrique des muscles et des nerfs* et sur les *courants musculaires et nerveux* n'ont rien montré de plus que ce que l'on obtient avec les Grenouilles et n'apprennent rien sur l'hivernation.

Dans son *onzième mémoire* (91) Valentin relate certaines *particularités relatives au sang* et s'occupe *des effets de l'excitation du nerf vague et de sa section.*

Le sang de la Marmotte engourdie depuis longtemps se distingue en ce qu'il est presqu'exclusivement rouge : il renferme des corpuscules de sang biconcaves et aucune quantité bien appréciable de globules blancs.

La différence entre le sang veineux et le sang artériel est bien moins tranchée que dans l'état de veille. Même dans cette période, le sang

veineux de la Marmotte n'est pas aussi sombre que celui du Lapin. Les deux espèces de sang ont un ton rouge cerise, et cette ressemblance fait songer au sang des reptiles et à celui de l'embryon, malgré la différence de couleur.

Les caractères spectroscopiques n'offrent rien de particulier. Le sang donne des cristaux, mais peu importe pour cela l'état dans lequel se trouve la Marmotte.

Dans le sommeil, le sang se coagule très lentement, et la section des tissus du crâne et des plus petits vaisseaux de la dure-mère amène des hémorragies qui durent longtemps et finissent par provoquer le réveil. Recueilli dans un vase, le sang se coagule rapidement et, comme d'habitude, se sépare en sérum et caillot ultérieurement.

La forte tétanisation de l'un des deux nerfs vagues peut provoquer un arrêt du cœur de la Marmotte engourdie, comme chez les animaux éveillés.

De très faibles courants d'induction augmentent le nombre des battements, non par l'action du réveil, mais d'une manière immédiate.

Les courants constants, ascendants ou descendants, appliqués au vague, ou au sympathique, au cou, n'ont pas d'action marquée.

La section d'un des nerfs vagues et du sympathique qui l'accompagne, chez une Marmotte en torpeur, augmente d'une manière frappante les battements du cœur. La coupure de l'autre vague accentue le résultat. Les inspirations restent rares, elles peuvent même l'être davantage qu'avant, la Marmotte ouvre largement la bouche, ce qui ne lui arrive pas ordinairement, fait une large inspiration suivie d'une expiration plus courte, sonore et puissante.

Valentin dit que chez le Lapin, la section des deux nerfs vagues fait tomber la température du rectum à rien et que c'est le contraire qui se produit chez la Marmotte endormie : ce résultat tient à ce que la Marmotte se réveille en partie, mais sa température ne peut jamais remonter au degré qu'elle a pendant la veille, parce que l'animal meurt toujours en état de sommeil léger.

La section des vagues, pendant le sommeil, est suivie de congestion du poumon, arrivant même jusqu'à l'exsudation sanguine en quelques endroits, mais il n'y a ni salivation, ni sécrétion des muqueuses, qui restent sèches.

De ses *explorations thermo-électriques,* Valentin a tiré les conclusions suivantes, qui sont consignées dans son *douzième mémoire.*

Plusieurs battements successifs du cœur et quelques mouvements respiratoires suffisent pour augmenter la température des mollets : celle-ci diminue sitôt que l'animal retombe en torpeur : cela tient à l'afflux du

sang dans ces parties. La chaleur est plus forte s'il y a en même temps mouvements des muscles.

Si on tétanise les muscles du cou, la température de l'oreille s'élève : il n'en est pas ainsi quand on tétanise les muscles des mollets.

L'élévation de la température des muscles isolés, au moment de la contraction se constate facilement. Après la section du vague et du sympathique au cou, il y a augmentation progressive de la chaleur du côté blessé, au fur et à mesure que la circulation s'active, mais elle n'est pas perceptible dans le sommeil profond. Quelques jours après l'opération, les animaux se rendorment.

Si l'on excite la région cilio-spinale par un courant, l'animal étant endormi, l'oreille du côté sain devient plus chaude et celle du côté opéré plus froide.

La dégénérescence des nerfs se fait comme chez les autres animaux, après la section.

La mort provoquée pendant le sommeil par la strychnine, la strangulation ou la noyade, n'est accompagnée d'aucune convulsion : il y a seulement quelques efforts de respiration.

Valentin a pu constater l'augmentation de température de l'intestin grêle, au moment où il se rétractait par suite de la tétanisation d'un segment de ce dernier situé en dehors du circuit thermo-électrique.

Il a fait sur le *système nerveux central* quelques recherches qui sont consignées dans son *treizième mémoire*.

Pendant la torpeur, le diploé saigne peu, la dure-mère est étonnamment pâle, blanche, ou mieux blanc bleuâtre ; les vaisseaux sanguins ne sont pas remplis à l'excès. La réaction des petits vaisseaux aux excitations est lente et incertaine. Il ne constate pas trace de mouvements du cerveau, pas même ceux de la respiration. Chez un Lapin témoin, ils étaient très marqués. Il n'y a pas davantage de mouvements après la mise à nu du cerveau. La circulation cérébrale ne lui a pas paru varier beaucoup pendant le réveil, au moins jusqu'au demi-réveil. Il mentionne une ou deux expériences sur le cerveau, sans intérêt. Une de ses Marmottes trépanées sur la face supérieure eut plusieurs réveils et sommeils successifs.

Les jeunes supportent mieux l'opération : quand on ouvre la cavité cranienne sans hémorragie, il s'écoule une quantité considérable de liquide céphalo-rachidien ne contenant pas de sucre.

On ne remarque, en général, aucune différence dans la réplétion des vaisseaux de la masse du cerveau et dans les enveloppes, entre la veille et le sommeil.

L'excitation du segment du milieu de la moelle amène quelquefois

l'évacuation de l'urine et des excréments pendant que l'animal est encore endormi, complètement ou même légèrement.

Valentin n'a pas trouvé d'oxyde de carbone dans le sang.

Dans le *quatorzième mémoire* (98), Valentin étudie les *changements de densité de la masse musculaire pendant la contraction.*

Le muscle de la Marmotte en hivernation, comme celui de l'anguille, diminue de volume au moment de la contraction : il évalue cette diminution à 1/12500. Il s'est servi de la balance hydrostatique et d'une solution d'albumine.

Le *quinzième mémoire* renferme l'exposé des résultats des recherches de Valentin sur la *vitesse de propagation de l'excitation nerveuse.*

Dans le profond sommeil, la vitesse de propagation ne dépasse pas 1 mètre par seconde. Il y a une analogie avec les nerfs de grenouilles éthérisées ou refroidies dans la glace. Valentin attribue cette lenteur au froid.

Il fait jouer un certain rôle au ralentissement de la circulation qui peut se constater en examinant au microscope le mésentère : le sang forme une masse tranquille qui est poussée, après de longues pauses, par un battement du cœur, pour reculer ensuite, souvent à une assez grande distance.

Les causes qui influent sur la couleur du sang doivent aussi agir en changeant la nutrition du nerf.

Au début du réveil, on peut observer des vitesses de 3 à 5 mètres, même à des températures de 10 à 12 degrés. La vitesse d'excitation croît dans le cours du réveil, mais la période latente diminue.

Le *seizième mémoire* est consacré aux *courbes respiratoires.* Les Marmottes très endormies font un mouvement respiratoire toutes les demi-minutes, parfois seulement toutes les six minutes et même après un temps plus long. Les petits mouvements ne sont pas visibles : ils n'ont pas plus de 1/22 de millimètre.

Ces faibles mouvements sont séparés par des pauses d'un grand nombre de secondes jusqu'à plusieurs minutes.

Les mouvements respiratoires des Marmottes très engourdies ont une forme très caractéristique que l'on ne trouve ni chez les Marmottes éveillées, ni chez d'autres Mammifères, le Lapin, par exemple : les courbes sont très étalées et très prolongées, parce que le relâchement des muscles est lent. Elles diffèrent aussi beaucoup de celles des Marmottes éveillées ou des Lapins, après section des vagues.

Le mouvement d'expiration du réveil se rapproche beaucoup de l'expiration des autres Mammifères. La fin de l'expiration tombe tantôt au-dessus, tantôt au-dessous de la hauteur du point où commence l'inspiration. La

montée et la descente durent souvent jusqu'à six minutes et plus longtemps, avec une grande régularité.

Sur des Marmottes bien endormies, on peut provoquer des mouvements respiratoires en pinçant les doigts des pattes antérieures et postérieures. Ces mouvements respiratoires durent proportionnellement longtemps dans tous les cas.

Il n'est pas rare que l'expiration soit accompagnée d'un léger bruit, d'un soupir.

En règle, l'inspiration prend moins de temps que l'expiration. Les deux temps offrent de notables changements d'amplitude. Le mouvement d'expiration descend quelquefois si lentement qu'il rappelle l'asymptote des muscles affaiblis.

Le réveil est caractérisé par ce fait que les pauses entre deux respirations deviennent de plus en plus courtes, jusqu'à ce que les mouvements se suivent sans interruption.

La différence de durée de l'inspiration et de l'expiration prend de l'importance ; la profondeur de l'inspiration s'accroît, mais ces particularités se retrouvent chez d'autres Mammifères qui ne s'engourdissent jamais.

Quand l'animal s'endort, les pauses reparaissent. Au commencement du réveil, parfois, l'inspiration, comme l'expiration, se composent de plusieurs secousses.

Les courbes montrent que l'expiration est de 1.08 et jusqu'à 2.46 fois aussi longue que l'inspiration pendant la durée du sommeil profond, et, pendant la veille seulement de 0.58 à 0.97. Exceptionnellement, il peut arriver, pendant l'engourdissement, que l'inspiration devienne un peu plus longue que l'expiration. L'inverse se trouve rarement dans l'état de veille.

Le pincement des doigts donne des expirations de 3 fois 1/2 la valeur de l'inspiration.

Dans le sommeil profond, une respiration durera 19″9 et dans la veille 0,1″, alors que, dans l'un et l'autre cas, les courbes peuvent atteindre la même hauteur.

L'angle d'expiration est plus petit dans le sommeil profond que celui d'inspiration : pendant le réveil, c'est le contraire.

Les mouvements respiratoires obtenus en pinçant les doigts triplent l'angle d'inspiration par rapport à celui d'expiration.

Les aires des courbes respiratoires des Marmottes les plus endormies valent jusqu'à 5 à 6 fois ceux de l'état de veille.

Il y a de grandes différences d'amplitude entre l'état de veille et celui de sommeil, mais il y a de nombreuses anomalies et on ne peut poser aucune règle.

Valentin étudie ensuite *l'action de quelques poisons* dans son *dix-septième mémoire*.

Le curare, l'upas antiar, la vératrine introduits dans la cavité abdominale agissent moins vite chez les Marmottes endormies que chez les Lapins : il n'y a plus de spasmes violents, pas de tétanos avec la strychnine, le début de l'intoxication curarique est lent, difficile à saisir : contrairement à ce qui a lieu chez le Lapin, l'agonie aussi est lente.

La vératrine surtout provoque de l'agitation dans le sommeil. Les réflexes sont exagérés sous l'influence du curare et de l'antiar, mais la réaction est moins vive que chez le Lapin : elle dure aussi plus longtemps. Valentin donne le tableau suivant de la durée de l'irritabilité aux excitations fortes après la mort :

Matière toxique	Nerf sciatique	Muscles
Curare	Environ 6 heures.	Plus de 6 h. 3/4.
Antiar	Presque 5 heures.	— 6 h. 1/4.
Vératrine.	Pour le moins 4 h. 1/2.	— 6 h.

Le *dix-huitième mémoire* est relatif aux *courbes musculaires* et ne renferme rien d'intéressant au point de vue de l'hivernation.

Dans le *dix-neuvème mémoire* (104), Valentin s'occupe de l'*influence de la tétanisation sur les propriétés électromotrices des nerfs et des muscles* et dans le *vingtième mémoire*, de l'*influence des courants sur les propriétés des nerfs*. Ces recherches qui ne présentent pas un grand intérêt pour la question de l'hivernation, sont suivies, dans le *vingt et unième mémoire*, d'observations sur le *choc du cœur*, sur les *interférences des excitations nerveuses* et, dans le *vingt-deuxième mémoire*, de *recherches sur les yeux*.

Après avoir dit antérieurement que la *pupille* était uniformément dilatée pendant le sommeil, il déclare qu'on n'en peut pas distinguer les bords, si ce n'est après la mort. On ne voit ni élargissement, ni rétrécissement marqué, ni pulsations dans les vaisseaux du fond de l'œil. Un rayon de lumière tombant dans l'*œil* pendant la torpeur, peut momentanément augmenter les battements du cœur, mais ce phénomene est passager et ne se répète pas toujours plusieurs fois de suite, à chaque excitation.

Le nerf optique excité par la lumière ne donne qu'une oscillation négative, au début de son excitation et non, comme on l'a soutenu, encore une oscillation positive après l'arrêt de cette dernière. Cet effet peut être obtenu même une ou deux heures après la mort.

La tétanisation électrique des nerfs optiques ou de la rétine produit une plus grande oscillation négative que la simple excitation par la lumière.

Pour les autres phénomènes électriques, l'électrotonus, etc., les choses se passent comme chez les Grenouilles. Valentin donne aussi dans ce mémoire quelques autres renseignements.

L'ouverture des deux cavités pulmonaires est le meilleur moyen de tuer les Marmottes : elles restent alors engourdies. Le seul signe de vie est une profonde respiration de temps en temps, s'effectuant malgré l'affaissement des poumons. Le cœur mis à nu se comporte comme celui de la Grenouille.

Dans les plus profonds degrés de torpeur, on trouve souvent qu'après de très longues pauses, de profondes aspirations sont souvent suivies immédiatement d'un battement du cœur, précédemment au repos. Les poumons, la cavité thoracique étant ouverte, restent pendant ce temps complètement affaissés, au point qu'aucun rafraîchissement du sang ne s'effectue par inspiration. Ceci amène Valentin à conjecturer que l'excitation des centres respiratoires se transmet aux masses grises de la moelle allongée qui commandent au cœur. Cet effet manque fréquemment si le nombre des battements du cœur et celui des aspirations a augmenté.

La contraction des oreillettes descend vers le sillon et celle des ventricules de cette région vers la pointe.

Pendant le temps de repos, les ventricules ne sont pas remplis de sang, mais aplatis et restent enfoncés dans le voisinage du sillon. Le repos ne consiste pas en une diastole permanente des cavités par le sang, mais en une application des parois l'une contre l'autre ; d'où disparition d'une grande partie de l'espace intraventriculaire. Les ventricules ne se remplissent de sang, et, par la suite, ne s'arrondissent que quand la systole des oreillettes recommence.

La tétanisation des nerfs vagues au cou donne trois sortes de résultats, selon la profondeur du sommeil hivernal : dans le sommeil profond, le corps se crispe, les jambes font des mouvements passagers, il n'y a ni asphyxie, ni changement sensible des battements du cœur ; avec le sommeil un peu moins profond et les battements du cœur rares, la tétanisation du vague ne diminue pas les battements du cœur, mais les augmente au contraire ; à un degré plus élevé de réveil, les phénomènes sont les mêmes qu'à l'ordinaire : ralentissement, puis arrêt et de nouveau reprise des battements.

Valentin consacre son *vingt-troisième mémoire* aux *changements des propriétés électrotoniques des nerfs des sens par les moyens d'excitation correspondants.*

Les nerfs des sens, quand ils sont actifs et frais donnent une oscillation négative, lorsqu'ils sont excités par leur excitant *spécifique*, tout aussi bien que les nerfs des mouvements excités d'une façon quelconque.

La grandeur de l'oscillation galvanométrique augmente en général, avec l'intensité de l'excitation. Elle diminue avec le temps et la sensibilité : vingt-quatre heures après la mort d'une Marmotte engourdie, il y avait encore des déviations par excitation des nerfs optiques par la lumière.

L'excitabilité et le courant négatif persistent quatre à six jours dans les racines médullaires des Marmottes endormies.

Le *vingt-quatrième mémoire* (113) sur le *rouge rétinien* ne renferme rien d'important à noter ici.

Valentin dans son *vingt-cinquième mémoire* donne la relation de nouvelles *recherches sur les nerfs et les muscles.*

En raison de leur température basse, les muscles pendant le sommeil, se contractent et se relâchent plus lentement que ceux de l'animal éveillé, moins vite même que ceux de la Grenouille à la température de 10 à 20 degrés. Le muscle présente une série de contractions séparées, à côté de la contraction rigide. Pour se tétaniser, les muscles de Marmotte en torpeur exigent des interruptions moins rapides que ceux des Grenouilles.

Valentin consacre son *vingt-sixième mémoire* à des recherches complémentaires sur la *chaleur.*

Après avoir ouvert des Marmottes en profonde torpeur, il plongeait des thermomètres gradués en cinquièmes de degrés dans les diverses parties du thorax et de l'abdomen, et aussi dans le cerveau. Ce dernier est refroidi aussi fortement que la poitrine et les cavités du ventre pendant l'hivernation, et il ne conserve pas à 10 degrés ou 11°5 la possibilité de réveil. Il a même trouvé la température de cet organe un peu inférieure à celle de la bouche et du rectum.

Les aiguilles thermo-électriques montrent que le creux de l'aisselle est plus chaud que celui de l'aine.

Au moment du réveil, il y a un afflux plus grand de sang au système nerveux central et l'intelligence ne reparaît qu'avec une température convenable.

Valentin a trouvé que la température de l'oreillette droite était inférieure à celle de l'oreillette gauche, et celle du ventricule droit inférieure à celle du ventricule gauche, d'où il conclut que le sang artériel rouge cerise est plus chaud que le sang veineux rouge sombre. L'oxygène introduit par les rares aspirations élevait la température par ses effets de combustion plus que ne l'abaissait la faible expulsion d'acide carbonique, et particulièrement l'évaporation de l'eau. Cette conclusion, dit-il, est d'autant plus sûre que le cœur battait encore vivement et que quelques profonds mouvements respiratoires suivaient d'eux-mêmes à chaque examen que l'on faisait.

Valentin a examiné aussi l'influence de l'*élévation artificielle de la*

chaleur sur les nerfs et les muscles et il a reconnu que la rigidité des muscles de Marmottes engourdies, séparés du corps, se produisait à une température un peu inférieure à 50 degrés. La sensibilité des nerfs de la cuisse est détruite à une température sensiblement plus élevée. Au bout de deux minutes de séjour dans l'eau à 58 degrés la sensibilité du nerf sciatique existait encore, ce qui établit une différence entre les animaux à sang chaud hivernants et les animaux à sang froid, tels que les Grenouilles qui s'engourdissent à une température de 32 à 36 degrés.

Le *vingt-septième et dernier mémoire* publié par Valentin (116) a trait à la *réfraction des humeurs et des tissus.* Le sang et le cristallin, dit-il, ont un indice de réfraction plus grand à la fin de l'engourdissement, probablement par suite d'un jeûne et d'une petite diminution des parties liquides. Ce n'est pas l'influence des globules qui se fait sentir ici, puisque Vierordt a établi que les globules diminuent dans la période d'engourdissement: donc ce ne sont pas eux qui agissent sur la réfraction.

L'indice de réfraction du liquide de l'estomac, du cæcum et des excréments, tient à la plus forte concentration causée par l'évaporation de l'eau par la peau et les poumons, pendant un jeûne de six mois.

Je crois avoir résumé aussi fidèlement que possible les résultats des patientes recherches de Valentin. Son œuvre a été poursuivie pendant trente et une années : elle est celle d'un savant consciencieux, mais sans idées généralisatrices. D'ailleurs, il semble, dans les derniers temps surtout, que la Marmotte ait été pour Valentin ce que la Grenouille et la Tortue sont pour d'autres expérimentateurs.

Sacc (82) dit que pendant huit années qu'ont duré ses observations, il n'a pu saisir un rapport quelconque entre la léthargie hivernale des Marmottes et l'état de l'atmosphère, mais il y en a un frappant entre l'intensité de la léthargie et la richesse en graisse, car le sommeil des Marmottes maigres est bien moins profond et soutenu que celui des Marmottes grasses. Leur poids ne diminue guère pendant le sommeil que de 2 à 3 grammes par jour, de sorte que grasses en automne, elles se réveillent encore bien en chair au commencement de l'été.

Dans les terriers, elles se couvrent de foin, et dorment la tête entre les jambes de derrière, étendues de chaque côté de celles-ci, de telle sorte que le nez touche au nombril. La queue est repliée sur le nez; les jambes de devant sont repliées sur celles de derrière. Le tout est recouvert en partie par un large pli de la peau, rembourré de graisse. Il croit que leur température s'abaisse au-dessous du milieu ambiant et qu'elles ne rendent jamais de matières fécales solides, pendant le sommeil. Il a vu battre trois heures le cœur d'une Marmotte décapitée.

Sacc décrit ce réveil assez incomplètement, mais remarque que « le som-

meil prend le corps dans un sens opposé à celui du réveil, c'est-à-dire que, commençant par le train de derrière, il finit par la tête. Il croit que le poids augmente lentement jusqu'au moment où la Marmotte se réveille pour uriner, ce qui tiendrait à une fixation d'oxygène. Pour Sacc, le sommeil hivernal n'est produit que par la fatigue et l'obésité, comme celui des serpents chargés de graisse ou des bestiaux gras.

Serbelloni (95) dit qu'Alibert prend l'effet pour la cause en prétendant que dans l'hivernation les capillaires destinés à porter le sang au cerveau sont engorgés, d'où production de la torpeur. En réalité, ces vaisseaux sont presque vides dans l'état de léthargie. La température des hivernants est toujours en raison directe du milieu, mais, en été, elle s'élève davantage.

En juillet, il a trouvé chez une Marmotte, les températures suivantes, celle de l'extérieur étant de 22 degrés centigrades : bouche : 37°75; oreille : 36 degrés ; aisselle : 36°50; creux de l'aine : 36°50; rectum : 36°50 ; point voisin du cœur : 38 degrés; cavité abdominale près du foie : 38 degrés. Ces constatations ne comportent pas d'ailleurs de différences notables avec celles de Dulac et de Prunelle.

Le 15 novembre, la température extérieure étant de + 8 degrés, il a noté chez une autre Marmotte bien éveillée, mais dont l'appétit avait diminué : bouche : 33°20 ; oreille : 28°80; rectum : 33°80; aisselle : 27°30; creux inguinal : 27°30; près du cœur : 34°30 ; dans le ventre près du foie : 34°30.

Serbelloni s'est assuré que les Marmottes pouvaient résister à un froid très vif et rester éveillées. La difficulté qu'il a éprouvée à les engourdir par le froid artificiel, même en bouchant l'orifice des vases qui les contenaient, le porte à croire que Daubenton a raison de dire que les Marmottes ne s'endorment pas dans les terriers par les froids très rigoureux, et il combat l'opinion de Blumenbach que le refroidissement peut tuer les hivernants pendant leur torpeur.

La respiration des Marmottes et de tous les hivernants est en raison directe de la température de l'air ambiant, et varie avec elle.

Il n'a pu voir, dans l'état de profonde léthargie, les battements des artères axillaire et fémorale mises à nu. La ligature de l'artère ne produit pas de gonflement au-dessus d'elle, ni celle de la veine correspondante, au-dessous. La circulation est nulle : les vaisseaux et spécialement les veines sont vides et le sang s'échappe d'une ouverture qui leur est faite, pour ainsi dire passivement, suivant les lois de la pesanteur, comme chez le cadavre.

En ouvrant le ventre, il vit, au contraire, tous les vaisseaux de la cavité abdominale pleins de sang ; le cœur, l'aorte thoracique, le tronc de l'artère

sous-clavière, la carotide primitive. Le sang paraissait stationnaire, et, pourtant, dans le cœur et les vaisseaux ci-dessus, on voyait un mouvement pulsatile très lent, mais permettant cependant de compter huit à dix pulsations par minute.

Serbelloni en tire cette conclusion que, chez la Marmotte, la circulation est, comme la chaleur, en raison directe de la température atmosphérique et qu'il doit en être de même chez tous les hivernants.

De ses expériences sur la sensibilité et sur l'irritabilité, il croit pouvoir conclure que ces deux fonctions sont pour ainsi dire éteintes chez les hivernants.

En hiver, les poumons des Marmottes endormies sont pâles et immobiles : en outre, dans l'état de veille, ils sont encore plus petits que ceux des Rongeurs qui n'hivernent pas. Au contraire, chez les hivernants, le cœur est plus volumineux et les artères ainsi que les veines ont une capacité plus grande.

Les nerfs extérieurs, comme les autres d'ailleurs, sont plus développés chez les Rongeurs hivernants.

Le sang d'une consistance onctueuse, est moins tenace que ceux des autres Mammifères; il a une saveur dégoûtante, nauséabonde, et une odeur forte et insupportable. Serbelloni est surpris qu'il reste fluide après avoir perdu toute sa chaleur.

Il a analysé le sang artériel d'une Marmotte bien éveillée et a trouvé que le sang des hivernants contient un quart de plus d'eau que celui du Lièvre ou du Lapin. Il attribue à cette plus grande richesse en eau la fluidité particulière du sang de la Marmotte. Ce dernier contient deux tiers en moins de fibrine, la moitié moins d'albumine, mais un peu plus de « gélatine ».

Il a trouvé le sang de la Marmotte endormie identique à celui du même animal éveillé.

Que la Marmotte soit ou non en léthargie, la bile est vert pâle tirant sur l'orangé, d'une consistance sirupeuse et d'une saveur douceâtre.

A propos des causes primitives prédisposantes à la torpeur, Serbelloni dit que Buffon, qui prétend que la léthargie est due au refroidissement du sang et que Spallanzani, qui l'attribue à la rigidité des muscles et à la réplétion des vaisseaux du cerveau, prennent tous deux l'effet pour la cause. Ces phénomènes sont la conséquence rigoureuse du froid alpin. Il affirme que chez trois Marmottes, il a trouvé les vaisseaux sanguins du cerveau comme vides : ce viscère était donc bien loin d'un état apoplectique.

Le froid est bien la cause déterminante, mais on ne doit pas oublier que chez tous les Mammifères, le plus ou moins de chaleur dépend du

volume plus ou moins grand des poumons. Plus ils sont volumineux et plus ils sont capables de prendre beaucoup d'oxygène, qui est l'agent principal de la combustion du sang veineux et la source physiologique de la chaleur animale.

La petitesse des vaisseaux extérieurs et leur rétrécissement sous l'influence d'une température basse, fait refluer le sang vers la poitrine, le cœur et le ventre, et, comme la capacité des vaisseaux de ces régions est plus grande, il n'a aucune tendance à revenir vers la périphérie. Le phénomène que le froid produit sur la main de l'homme se manifeste sur toute la surface du corps de la Marmotte et de tous les hivernants, dont le tissu nerveux est plus développé et le tissu vasculaire plus exigu.

Si donc le froid est la cause déterminante de la léthargie des Mammifères hivernants, il faudra admettre que la constitution organique de ces animaux en est la cause prédisposante.

Quand les froids arrivent, la Marmotte et les autres hivernants ne sont plus tourmentés par la faim, parce que leur fiel est devenu doux. Ils se retirent dans leurs terriers et restent sans faire de mouvements pour combattre le froid qui les engourdit et les envahit. Si leur bile devient plus âcre, elle stimule plus énergiquement les organes de la nutrition, la faim alors excite les Marmottes au mouvement, les force à sortir de leur léthargie, ou rend le sommeil moins profond.

On peut s'expliquer ainsi la léthargie. En automne, ces Mammifères perdent l'appétit : ils ressentent d'autant plus facilement le froid qu'ils ont sous la peau des nerfs plus volumineux et plus nombreux. L'impression du froid sur ces nerfs, restreint, contracte les fibres cutanées. De là, résulte l'érection des poils et des papilles dont la peau de ces animaux est couverte. De la pression de la peau il résulte que le sang des vaisseaux cutanés est chassé dans l'intérieur du corps, phénomène facilité par les fortes dimensions du cœur, des gros vaisseaux thoraciques et abdominaux et encore par l'état passif et d'immobilité dans lequel ils se trouvent.

Le manque de mouvement rend la respiration moins forte et moins fréquente, tandis que de l'introduction très intermittente de l'oxygène dans les poumons, il résulte une diminution de la chaleur animale avec ralentissement de la circulation. Le froid augmentant, la fibre organique se resserre toujours davantage, la circulation des humeurs est empêchée à la périphérie : le tégument endurci perd sa sensibilité. Dans cet état, les mouvements de la respiration diminuent de nombre et d'amplitude et l'afflux du sang de l'intérieur vers l'extérieur est amoindri.

La diminution de la respiration n'ayant pas lieu tout d'un coup, mais peu à peu, il n'y a pas mort en apoplexie parce que les vaisseaux du

cerveau et ceux du poumon sont moins pleins que dans l'état de veille. Il est évident que cet état de léthargie n'est pas anormal, puisque la nature a tout prévu pour que se maintienne cette existence singulière et temporaire.

Il croit, mais c'est une pure hypothèse, dit-il, que la qualité du sang des hivernants peut contribuer beaucoup à la conservation de leur vie éphémère, car si le sang se coagulait, les solides seraient frappés d'impuissance vitale.

Paul Bert (96) a recherché ce qu'il advenait quand un animal hivernant étant laissé dans un espace fermé, on lui enlevait l'acide carbonique au fur et à mesure de sa formation, de façon à obtenir simplement une diminution très lente de l'oxygène de l'air. Il plaça dans une vaste cloche de 16 litres, sur une espèce de trépied à claire-voie, un Lérot bien éveillé : au-dessous de lui, des fragments de potasse absorbaient l'acide carbonique et un petit orifice permettait à l'air de remplir le vide ainsi fait, de sorte que l'épuisement de l'oxygène se faisait fort lentement. Le Lérot, quand on le plaça dans la cloche, était très vif; le surlendemain, un soleil ardent donnant sur la cloche (Temp. ext. = 14 degrés), il était engourdi, en pleine hivernation. La cloche enlevée, il revint à la vie active. D'autres animaux de même espèce, placés dans une cloche, à l'ombre et dans un lieu beaucoup plus froid ne s'étaient pas endormis. Paul Bert a répété plusieurs fois ses expériences avec le même succès, mais il pense qu'il faudrait les refaire en été. L'hivernation, pour Paul Bert, résulte de la privation lente d'oxygène.

Dans l'air confiné, sans potasse, les Lérots endormis meurent sans convulsions : il n'en est pas de même, quand ils sont éveillés.

Paul Bert a cité l'observation de **Legros** (97) à savoir que pendant l'hivernation, chez le Loir, il se passe des phénomènes de réintégration, qui n'ont jamais lieu pendant la veille et montrent, de plus en plus, l'identité des animaux en hivernation avec les animaux à sang froid.

Horwath (100, 109, 111, 112) a noté que les Ziesels *(Spermophilus Citillus)*, sur lesquels il a opéré, n'avaient, en captivité, que des sommeils d'un à quatre jours avec des réveils d'aussi longue durée. Ces animaux avaient été pris à Tost, dans la Silésie supérieure (Russie méridionale), en août et au début d'octobre. Il les avait placés séparément dans des vases de verre et nourris avec du froment, des carottes, de la viande, des pommes de terre. En hiver, ils pesaient 150 à 206 grammes. En état de veille, ils avaient dans le rectum 35 à 37 degrés et, en hivernation, à peu près la température du milieu ambiant. Il a vu, dans un cas, le sommeil se produire dans une chambre ayant pour température 2 degrés, le rectum des Ziesels n'avait pas davantage. Sur un Ziesel, qui présentait 9 à 10 degrés, il

a noté 2 à 3 respirations par minute et, pendant le réveil, à 8°3 dans le rectum, 19 respirations; à 8°6, 50 respirations; à 9°7, 45 respirations; à 10°6 40 respirations; à 11°5, l'animal se plaça sur les jambes de devant, prit des carottes pour les manger et ouvrit les yeux. Horwath a donné une courbe du réchauffement du Ziesel.

Un Ziesel du poids de 153gr25, la température de la chambre étant de 9°6, a, pendant l'hivernation, excrété dans une heure :

Acide carbonique.	15	milligrammes.
Eau	14	—

Le même animal, deux jours plus tard, à l'état éveillé et la température de la chambre étant de 13°5, a excrété en une heure :

Acide carbonique	513	milligrammes.
Eau.	98	—

Dans d'autres expériences, la différence entre la quantité d'acide carbonique excrétée à l'état de veille et à l'état d'hivernation est presque le double de celle de l'exemple cité.

Horwath a fait des expériences comparatives de refroidissement avec des Lapins, des Ziesels et des Hérissons ; il en tire les conclusions suivantes :

1° Les animaux hivernants supportent très facilement un refroidissement notablement considérable de leur corps, car, refroidis souvent à plusieurs reprises, à 6, 5, 4, 3 et même à + 1°8, ils sont revenus à eux sans qu'on ait eu recours à un moyen de réchauffement ou de respiration;

2° Les nerfs et les muscles, chez ces animaux si fortement refroidis, étaient encore sensibles, car leurs muscles se contractaient énergiquement par les plus faibles courants d'induction, par exemple, si les électrodes étaient appliquées directement sur les muscles refroidis ou sur les nerfs leur appartenant ;

3° Le cœur de ces animaux hivernants se contractait encore rythmiquement à un moment où le sang qui s'y trouvait ne marquait pas plus de + 4 degrés ;

4° Le refroidissement des animaux hivernants ne donne jamais lieu au tétanos, si fréquent chez les Lapins dans les mêmes conditions.

Chez les Lapins soumis au refroidissement, le cœur cesse de battre, les muscles et les nerfs restent insensibles, même aux forts courants d'induction ; ils se comportent donc vis-à-vis du froid autrement que les animaux hivernants.

Ehrmann (114) a étudié la *glande hivernale*. Pallas, ses contemporains et beaucoup d'observateurs postérieurs ont considéré cet organe comme un élément intégrant du thymus *(glande mammaire)* qui persisterait

chez les animaux hivernants. Ecker en a donné une bonne description.

Chez plusieurs petits Mammifères, tels que les Chiroptères, quelques insectivores (Hérisson, Taupe, Musaraigne), chez une quantité de rongeurs (Arctomys, Cricetus, Myoxus, Souris, Lapin), elle se trouve plus ou moins développée, tantôt glanduleuse et tantôt sous forme d'une masse flasque d'apparence graisseuse, s'étendant de la partie supérieure de la cavité thoracique et du cou, dans le creux axillaire ainsi que sur une partie du dos. Rudolphi appelait cet organe « *glande adipeuse* » et Barkow « *glande du sommeil hivernal* ». La première dénomination est la plus juste. Ces organes présentent plusieurs ramifications : une dans la cavité thoracique, à côté du thymus, ou à la même place ; deux remontantes ou portions cervicales, divisées en une partie superficielle et une profonde, s'étendant vers le haut, à l'angle du maxillaire inférieur et à l'occiput, extérieurement, jusqu'à l'acromion. Par des prolongements descendant en arrière des clavicules, elles sont en communication avec la portion axillaire qui se trouve sous le grand pectoral et dans le creux de l'aisselle. Enfin, la partie dorsale disposée par paire, surtout développée chez les Chauves-Souris, se trouve entre les omoplates et communique aussi avec la portion cervicale.

La grandeur, la couleur, l'aspect extérieur, la structure sont variables, aussi bien suivant l'espèce que suivant l'âge ou la saison.

Ces organes sont formés de grosses cellules polygonales, amoncelées en lobes et en lobules à peu près de 25 millimètres de diamètre, paraissant enfouies dans un stroma amorphe et très difficiles à isoler. Elles sont enveloppées par un épais réseau de capillaires. Chez les animaux jeunes et hivernants, chez les Chauves-Souris, par exemple, en hiver, le contenu des cellules est riche en substances protéiques avec de fines granulations solubles dans la potasse. Après l'action de celle-ci, on reconnaît facilement des noyaux de $0^{mm},007$. Chez les animaux plus âgés, et en été, les cellules sont bourrées de granulations adipeuses solubles dans l'éther. L'organe est très développé dans le premier état.

Prunelle, Meckel, Tiedemann, Simon ont confondu la glande hivernale avec le thymus, malgré Jacobson, qui les considérait comme deux organes différents.

Chez tous les animaux en question, on trouve un thymus très distinct, d'une structure et d'un volume ordinaires, mais disparaissant plus tard, comme partout, et on ne rencontre à leur place que la portion thoracique de la glande adipeuse. Ainsi, chez un Hérisson nouveau-né, aucune communication ou conjonction n'existait, tandis que chez les mêmes animaux adultes, on voyait le restant du thymus complètement couvert par

la glande adipeuse. Chez les petites Chauves-Souris, le thymus est très développé, mais il disparaît complètement chez l'adulte.

Ehrmann pense que le mot glande doit être conservé.

Prunelle a vu que la glande hivernale s'atrophiait en été. Valentin a confirmé les observations de Prunelle et noté qu'au mois de mai ou juin, la partie accompagnant l'aorte a complètement disparu. La partie thoracique ne se compose plus alors que des masses qui se trouvent au-dessus de la base du cœur et du péricarde attenant au grand vaisseau. La partie cervicale est plus petite et très abondamment remplie de sang. De forts amas glandulaires s'étendent de chaque côté de l'omoplate et de la paroi thoracique.

Stannius a prétendu que le sympathique reçoit une néoformation de l'intérieur de la glande hivernale.

Ehrmann n'a rien pu voir de semblable chez la Marmotte; avec le microscope, il n'a pas rencontré de corps, ni de cellules ganglionnaires, ni de développement de fibres nerveuses dans aucun des lobules.

Leydig considère cet organe comme un ganglion lympathique.

Ecker cite, comme ayant une glande hivernale, le Lapin et la Souris, qui n'hivernent pas, et Friedleben a constaté son absence totale chez un animal qu'il considère, à tort, comme un véritable hivernant, le Blaireau.

Hirzel et Frey contestent les renseignements d'Ecker sur la structure cellulaire de la glande hivernale et, également ceux de Fleischel, Afanassief qui en font la même description qu'Ecker.

Ces divergences tiennent à des procédés divers de fixation.

Chez les Chauves-Souris, on distingue sur les coupes, des lobules composés de cellules séparées par un fin stroma, dans lequel cheminent des capillaires naissant en bouquet des artérioles et se terminant par des bouquets de petites veines (comme un système porte).

Les cellules renfermaient des granules graisseux.

Chez le Hérisson, au printemps, on trouve :

a) Des cellules polygonales avec un noyau rond et des granulations;

b) Des cellules, encore polygonales, mais avec des groupes de granulations graisseuses séparées par des travées protoplasmiques sans graisse;

c) Des cellules muriformes renfermant de grosses gouttelettes graisseuses séparées par de minces travées de protoplasme en petits grains;

d) Des cellules ne contenant que deux ou trois gros globules graisseux et une même couche de protoplasme;

e) Enfin une enveloppe mince remplie de graisse.

Il s'agit, en définitive, de la transformation d'une cellule parenchymateuse en cellule adipeuse, comme cela se passe dans le tissu adipeux ordinaire.

Les cellules devenues adipeuses sont peu nombreuses aux mois de mai et juin, mais on en trouve beaucoup en septembre. C'est dans le centre du lobule, près du vaisseau central, que la transformation est le moins avancée : là, elles ressemblent aux éléments du tissu adénoïde.

Que deviennent ces éléments pendant l'hiver?

Chez la Chauve-Souris, en janvier, déjà il y a disparition d'une partie des globules graisseux, la marge protoplasmique devient plus large et montre une structure réticulaire. En février, diminution plus accentuée de la graisse, les cellules redeviennent anguleuses avec noyau central.

Enfin, des cellules ayant perdu leurs contours anguleux, à protoplasme granulé, renferment une ou plusieurs petites cavités remplies d'un liquide aqueux (cellules dégénérées).

En somme, atrophie simple et atrophie séreuse, comme dans le tissu adipeux ordinaire. Il y a des inclusions dans la glande hivernale. On trouve, chez la Chauve-Souris, des ganglions lymphatiques réels enfermés dans une capsule de tissu conjonctif propre, de quelques millimètres de diamètre; on y rencontre souvent des granulations pigmentées. Chez le Hérisson, ces ganglions lymphatiques sont plus grands, et atteignent jusqu'à 1 centimètre de diamètre. On observe des follicules absolument fermés, entourés d'une membrane de tissu conjonctif transformé en cellules cubiques : elles ont parfois le caractère de cellules caliciformes et sont remplies, ou bien d'un détritus avec granulations fines et noyaux, ou bien d'une masse homogène se colorant au carmin et ressemblant tout à fait au colloïde, et parfois montrant des vacuoles, comme on en observe souvent dans le corps colloïdique des glandes thyroïdes durcies.

Enfin, il y a des follicules de la grandeur de ceux des glandes thyroïdes, par groupes de 4 à 10 dans le tissu conjonctif interlobulaire, ou le hile des lobules et dans la partie cervicale de l'organe, mais ils sont inconstants dans leur position et leur production. « Évidemment, dit Ehrmann, il s'agit de lobules des glandes thyroïdes accessoires, et leur rencontre doit paraître d'autant moins extraordinaire que d'autres anatomistes en ont trouvé en divers endroits aux environs de la glande thyroïde permanente. »

Rôle. — Il consiste à renfermer des cellules dont la fonction est de devenir périodiquement adipeuses, de faire provision de graisse, et après consommation de celle-ci, de redevenir à l'état de cellules parenchymales.

Chez des animaux jeunes, Chiens, Chats, Lapins, on trouve dans le cou et la nuque, dans la région scapulaire, un corps adipeux qui rappelle vivement, par sa forme, son extension et ses diverses teintes, la glande hivernale et renferme aussi des ganglions lymphatiques. Chez les animaux

bien nourris, on reconnaît les deux appendices descendant le long de l'aorte.

On peut donc, avec grande vraisemblance, supposer qu'il ne s'agit pas d'un organe spécifique, de certaine classe d'animaux, mais d'un organe adipeux, commun aux Mammifères, d'un tissu adipeux.

Le pigment vient probablement du sang, mais ce n'est pas une raison pour admettre, avec Afanassief, qu'il renferme de l'hémoglobine chargée de fournir une provision d'oxygène pendant l'hiver. Ces granulations pigmentaires, vraisemblablement dérivées du sang, sont rares, surtout au moment de la plus grande réplétion adipeuse.

Afanassief assimile la glande hivernale aux capsules surrénales. Il y aurait là accumulation du pigment dans le temps où la consommation de l'hémoglobine est insuffisante.

E. Delsaux (115), pour son travail sur *la respiration des Chauves-Souris pendant le sommeil hivernal*, s'est servi des Oreillards (Plecotus auritus) et des Murins (Vespertilio murinus) des grottes de Maëstricht dont la température était de + 6 à + 7 degrés.

Pendant la période de l'hivernation, les Chauves-Souris sont très sensibles aux excitations mécaniques, et une irritation continue suffit pour les réveiller : alors elles consomment rapidement leurs réserves de graisse ou de glycogène et meurent.

On les détache de la voûte avec une longue perche et elles sont reçues sur un drap. Ensuite on les enferme dans des cages de toile métallique isolées et mises dans un sous-sol obscur à 7 ou 8 degrés.

Chez les Chauves-Souris suspendues dans les grottes, la respiration est tellement ralentie que l'on ne peut voir aucun mouvement. Dans le laboratoire, on constate des séries de mouvements respiratoires très superficiels, séparés par des pauses de quinze minutes. Les secousses provoquent ces séries, mais non le bruit ou la lumière.

Quand les excitations sont continues, les mouvements respiratoires le deviennent également et s'accélèrent de plus en plus jusqu'au réveil.

Dans la cavité abdominale, pendant l'état de torpeur, la température extérieure étant de + 6 degrés, celle de l'animal oscillait entre + 7 degrés et + 7°2.

Le rythme respiratoire n'est pas modifié par la position, il est le même, que la tête soit dirigée en haut ou horizontalement.

Delsaux a étudié l'influence de la dépression barométrique chez les Chauves-Souris placées sur un treillis, dans un bocal où on faisait le vide : en moins d'une minute le manomètre indiquait 50 millimètres de mercure et restait stationnaire.

Pendant les dix-huit premières minutes, l'animal ne présentait rien de

particulier, mais, au bout de ce temps, quelques mouvements respiratoires se manifestaient et devenaient de plus en plus fréquents ; l'animal ne tardait pas à montrer de l'inquiétude : il se déplaçait sur le treillis, puis finissait par tomber au fond du vase et y restait immobile, asphyxié en apparence.

Après avoir laissé séjourner l'animal pendant une demi-heure dans cet état, on faisait pénétrer l'air ; aussitôt il revenait à lui, poussait des cris et se mettait à respirer. On a recommencé l'expérience : le vide a été atteint de nouveau à 50 millimètres au bout d'une minute ; mais, cette fois, l'animal a montré immédiatement de la gêne respiratoire et est tombé au fond du vase une minute et demie après. L'air étant rentré, la Chauve-Souris revint de nouveau à elle et cria. D'autres expériences ont donné des résultats analogues. Le contact avec l'acide carbonique provoque immédiatement la reprise respiratoire et le réveil, mais la rapidité avec laquelle cette action se produit exclut toute idée d'asphyxie. L'acide carbonique, d'après Delsaux, paraît agir en excitant la membrane alaire.

Un Oreillard introduit dans un vase entouré d'un mélange réfrigérant de glace et de sel, marquant — 21 degrés, présenta une cessation complète de mouvements respiratoires : il était à peu près congelé et cependant quand on l'eut réchauffé dans la main, il ne tarda pas à respirer. Ce résultat a besoin d'être soigneusement contrôlé.

On a fait des dosages d'acide carbonique à des températures de + 7°5 à 8 degrés et aussi à 0 degré. Il en est résulté qu'un abaissement de température, dans ces limites, a pour effet de diminuer le chiffre d'acide carbonique exhalé par les Chauves-Souris en hivernation. Ces animaux se comporteraient, d'après Delsaux, comme des animaux à sang froid.

Un Oreillard, au moment du réveil par excitation mécanique, produisit en vingt-cinq minutes, 808 milligrammes d'acide carbonique : soit, par kilogramme d'animal et par heure, 8400 milligrammes d'acide carbonique.

S. Fubini et Benedicenti ont étudié l'influence de la lumière sur le chimisme de la respiration chez les animaux hivernants ; leurs expériences ont porté sur les Loirs, les Muscardins et les Chauves-Souris. Ils ont trouvé que la lumière augmentait la production d'acide carbonique chez des animaux à jeun depuis longtemps et complètement hivernants. Ce résultat ne paraît pas être dû à la contraction musculaire, quoique, d'après Fubini, la lumière augmenterait la respiration des muscles détachés, mais encore contractiles chez tous les animaux. Il s'agirait ici d'un phénomène indépendant de la contraction musculaire.

Carl Voit (108) pense que Valentin a raison quand il fait entrer en ligne de compte, pour l'augmentation du poids des Marmottes en hiver-

nation, l'absorption d'eau par le tissu corné hygroscopique des surfaces du corps, lors d'un changement dans l'état d'humidité de l'air.

D'après cet expérimentateur, l'animal hivernant détruit moins d'albumine proportionnellement que de graisse : ce qui est le contraire dans l'inanition.

Voit a fait avec son appareil, pour l'étude de la respiration, des essais sur deux Marmottes, l'une en état de sommeil et l'autre en état de veille : il a tenu compte de l'eau exhalée.

Pour 1 kilogramme d'animal endormi et par heure, il a trouvé :

Eau	0gr172
Acide carbonique.	0 145
Oxygène absorbé	0 322

Ces chiffres sont en rapport avec ceux qui ont été notés par Regnault et Reiset, ainsi que par Valentin, pour le sommeil léger.

Une expérience sur le Lapin normal avait donné :

Eau	1gr01
Acide carbonique	1 08
Oxygène	0 81

Ainsi donc, la Marmotte endormie rejetterait avec l'acide carbonique à peu près autant d'eau (100 : 119) que le Lapin (100 : 93), et même aussi que la Marmotte éveillée.

Une des expériences de Voit a porté sur une Marmotte en état de somnolence.

Il a noté pour kilogramme d'animal et par heure :

Eau	0gr203
Acide carbonique	0 474
Oxygène	0 411

Il y a ici bien moins d'eau que d'acide carbonique (100 : 43), ce qui provient évidemment de l'augmentation des mouvements de l'animal, d'où dépend une plus grande production d'acide carbonique, mais non pas une grande émission d'eau par la peau.

Il est frappant, dit Voit, qu'en dépit de l'accumulation considérable de graisse dans le corps de l'animal, le contenu graisseux des muscles, du foie, du sang ne soit pas plus grand que normalement. L'eau que renferme ces organes, comme l'a déjà indiqué Aeby, est un peu moindre que celle qui est contenue dans les mêmes organes d'un Lapin normal.

Voit tient pour important que, même dans l'hivernation, où les

muscles reposent si longtemps, la quantité de créatine ne soit pas autre qu'habituellement.

Il a trouvé en abondance du glycogène dans les muscles et le foie, mais point de sucre (environ 2,22 pour 100 de glycogène dans le foie, et dans les muscles 0,371 pour 100). Il n'y avait pas de sucre dans le sang.

Le glycogène ne peut, chez l'hivernant, être décomposé que lorsqu'il y a épuisement de l'albumine ou de la graisse. Sans approvisionnement d'hydrates de carbone, il s'en produit une aussi grande quantité que chez un Lapin recevant la nourriture qui en contiendrait le plus : d'où il ressort que la production des hydrates de carbone, chez l'hivernant, joue le même rôle que le manque de mouvements. C'est cette dernière cause qui explique l'accumulation du glycogène pendant le sommeil et sa disparition dans la veille.

Si l'oxygène, dit-il, s'accumulait dans l'organisme dès les premiers mouvements de l'animal, au réveil, il devrait apparaître plus de ce corps dans l'acide carbonique exhalé qu'il n'en a été absorbé dans le même temps.

E. Bellowitz (125) a publié un travail sur la *présence de cellules granulées d'Ehrlich (mastzellen ou cellules grasses) chez les Mammifères en état de léthargie pendant l'hiver.*

Erlich a décrit, sous le nom de cellules grasses, des éléments que l'on rencontre en abondance dans le tissu conjonctif d'un grand nombre de Vertébrés et qui semblent le résultat d'une hypernutrition. On a discuté la question de savoir si les granulations qu'elles contiennent n'étaient pas des aliments de réserve et très probablement des albuminoïdes.

Bellowitz a entrepris pour résoudre cette question une étude sur les Chauves-Souris.

Ces animaux, comme le mentionne Westphal, contiennent beaucoup de cellules granuleuses. En automne, il y en a peu dans la glande hivernale, mais elles sont nombreuses dans le tissu conjonctif interstitiel des muscles, sur la langue. Ces cellules sont de formes et dimensions diverses, souvent étoilées, et, ce qu'il y a de remarquable, c'est qu'on trouve dans leur voisinage, mais en dehors de la cellule, des amas de granules éosinophiles.

Les noyaux des cellules granuleuses ne se colorent pas. Au printemps, ces dernières étaient aussi nombreuses, il n'y avait aucun changement visible, ni dans le nombre, ni dans l'abondance des granules.

On les trouve aussi chez l'homme mort de maladie chronique : on a donc tort de les appeler cellules d'engraissement.

Marès (126) a fait ses recherches sur l'hivernation des Mammifères avec des Spermophiles.

Si on injecte de l'indigo-carmin dans la veine jugulaire d'un Spermophile qui n'est pas en hivernation, ce produit est, comme chez tous les Mammifères, excrété rapidement par le rein, le foie ne participant pas à l'excrétion, quand le pigment n'a pas été injecté en grande quantité. Mais, en hivernation, les reins restent entièrement libres d'indigo-carmin, il ne s'en trouve pas une trace dans la vessie; c'est dans le foie que l'on en rencontre surtout, mais seulement dans les vaisseaux capillaires de l'artère hépatique, pas du tout dans les canaux biliaires : l'*excrétion est suspendue*, suivant Marès.

Chez la Grenouille d'hiver, l'indigo-carmin injecté dans la lymphe n'est excrété ni par le foie, ni par les reins, le pigment reste dans les vaisseaux capillaires, de telle sorte qu'il se produit une injection naturelle de ces vaisseaux; la sécrétion glandulaire est suspendue.

Il explique le cas du Spermophile en disant que la circulation est totalement supprimée dans toute la partie postérieure du corps. Celle-ci reste incolore, tandis que la peau et les muqueuses se colorent très rapidement en bleu dans la partie antérieure du corps.

La circulation est arrêtée dans toute la partie postérieure du corps, dans les reins; le foie reçoit du sang seulement par les artères hépatiques; les vaisseaux capillaires injectés sont disposes autour des lobules.

Quincke avait observé que la température de la partie postérieure du corps, dans l'état d'hivernation, est moins élevée que celle de la partie antérieure et que, pendant le réveil, elle monte moins vite.

Marès a répété un grand nombre d'expériences sur la respiration des Spermophiles avec l'appareil de Regnault et Reiset. La respiration varie avec la phase du sommeil; elle est augmentée au commencement et à la fin de l'engourdissement. Le Spermophile se réveillant tous les trois ou quatre jours, il est difficile de constater l'influence de la température ambiante, ce qui serait possible avec un animal à hivernation plus durable.

Le quotient $\frac{CO^2}{O}$ s'abaisse fortement, comme l'ont vu Regnault et Voit, mais Marès trouve aussi des quotients surpassant beaucoup le normal, surtout dans la première phase du sommeil: c'est CO^2 qui produit cette élévation du quotient, l'absorption de O étant beaucoup plus constante. Il semble, qu'au début du sommeil, l'animal exhale tout l'acide carbonique contenu dans son corps, de sorte que le quotient s'élève, l'absorption d'O étant très diminuée. En effet, dans le sommeil hivernal, il n'y a pas de sang veineux, selon Marès, tout le sang est artériel. L'oxygène s'accumule dans le corps de l'hivernant, qui se débarrasse en même temps de tout l'acide carbonique.

Marès a négligé la vapeur d'eau.

On ne peut être certain, dit-il, de l'absorption ou de l'exhalation de l'azote.

La respiration est très augmentée pendant le réchauffement, surtout depuis 20 degrés, jusqu'au degré normal, et plus considérable qu'à l'état de veille complète. Ce fait d'ailleurs avait été déjà vu par Regnault et Reiset.

Pendant le réveil, l'animal absorbe, en moyenne, $5^{gr}9$ d'oxygène par kilogramme et par heure, contre $3^{gr}3$ du même gaz dans l'état normal. Il exhale, dans le réveil $6^{gr}3$ d'acide carbonique contre $3^{gr}9$ quand il est éveillé. Un Spermophile pesant 193 grammes s'est échauffé pendant une heure de 17 à 35 degrés, soit de 18 degrés. Supposons, dit Marès, la capacité calorifique de cet animal = 1 : cet échauffement représente 3,477 calories. Dans le même temps, l'animal a absorbé $1^{gr}136$ d'oxygène et exhalé $1^{gr}135$ d'acide carbonique. Si l'animal brûle des graisses accumulées dans son corps, l'absorption de $1^{gr}136$ d'oxygène correspond, d'après Rubner, à la combustion de 39 grammes de graisse, qui dégage 3,722 calories. L'énergie dégagée par la combustion surpasserait de beaucoup d'après Marès, l'énergie nécessaire pour l'échauffement du corps de l'animal.

Pendant le réveil, l'animal a absorbé 1.116 grammes d'oxygène = 3,772 calories. Dans l'état normal, il a absorbé 0,765 grammes d'oxygène = 2,211 calories. L'énergie dégagée pendant le réveil est donc presque de 70 pour 100 plus grande qu'à l'état normal.

En considérant que l'animal perd moins de chaleur qu'à l'état normal (car, dit Marès, la différence entre sa température propre et la température ambiante est moindre, de plus la circulation est suspendue dans une grande partie du corps), on peut affirmer que l'énergie dégagée par les échanges moléculaires et manifestée par la respiration est suffisante pour expliquer l'échanffement rapide du corps de l'animal, qui avait tant étonné Horvath qu'il imaginait quelque source occulte d'énergie propre à cet état physiologique.

Voici quelles sont, pour Marès, les causes de l'hivernation :

Le refroidissement artificiel n'abolit pas la circulation dans la partie postérieure du corps, la température n'y est pas plus basse que dans la partie antérieure. Toute la surface est refroidie, tandis qu'il y a un noyau chaud à l'intérieur. D'autre part, le froid ne produit pas l'hivernation. Marès a vu, en septembre, à une température de + 16 degrés, s'endormir des Spermophiles et des Hamsters, d'autres sont restés normaux tout l'hiver, la température étant souvent de quelques degrés au-dessous de zéro. Porel a fait la même observation sur deux Loirs.

Le Spermophile se réveille, mange et se rendort sans que la température extérieure ait changé. Il paraît qu'il y a une spontanéité du réveil, c'est-à-dire une cause située dans l'animal même.

Pour savoir si les hivernants luttent contre le froid, en dégageant plus de chaleur, Marès a entouré des Spermophiles d'un mélange réfrigérant et a vu qu'ils se défendaient énergiquement contre le froid en accélérant leur respiration.

Les animaux à température variable, dit Marès, n'ont pas le système nerveux excité par le froid extérieur de manière à déterminer une augmentation de chaleur. La sensibilité du système nerveux au froid n'est pas une propriété fondamentale, elle ne se trouve pas chez les animaux primitifs, les poïkilothermes ; c'est une propriété acquise par l'évolution progressive de l'échelle animale, de sorte qu'elle se constate seulement chez les classes les plus élevées, les Oiseaux et les Mammifères. Ces idées ont été développées par Pflüger.

Marès ajoute : Un animal à température constante, un Mammifère, en s'engourdissant dans le sommeil hivernal devient un animal à température variable : il est redescendu au type primitif en perdant une propriété acquise par l'évolution; la sensibilité au froid extérieur : l'hivernation serait un état d'atavisme : il semble donc que la cause de l'hivernation est la perte temporaire de la sensibilité du système nerveux au froid extérieur, sensibilité par laquelle les autres animaux sont capables de maintenir leur température constante.

On peut objecter que les narcotiques abolissent la sensibilité sans abaisser la température, mais, cette objection n'est pas décisive, car les narcotiques suppriment la sensibilité générale, tandis que la sensibilité au froid extérieur est spécifique. Il n'y a pas de moyen pour faire disparaître exclusivement la sensibilité au froid extérieur, excepté la suggestion hypnotique, si on veut admettre cette méthode d'expérimentation. Marès a fait avec Hellig, de Prague, quelques expériences communiquées à la Société de biologie le 15 juin 1889 et dans lesquelles les expérimentateurs ont pu, par suggestion hypnotique, supprimer la sensibilité à la température extérieure chez une hystérique : ils ont constaté que la température propre s'abaissait en quelques heures « considérablement », amenant un état de somnolence.

Le mot « considérablement » employé par Marès est exagéré car, chez son sujet, il n'a pu amener qu'un abaissement de 2°5 environ de la température centrale et sur un autre il a complètement échoué.

Dans cette revue historique et bibliographique, je me suis attaché à rendre compte des travaux des autres auteurs d'une manière impartiale et aussi complète que possible. La partie critique se trouve dans le

corps même du présent ouvrage, qui renferme les indications nécessaires pour que l'on puisse toujours consulter l'analyse du travail original dans l'appendice historique. En procédant ainsi, j'ai cherché à donner plus de clarté et de concision à l'exposé général des faits.

Il peut y avoir quelques omissions involontaires dans la bibliographie ; en tout cas, je les crois très peu nombreuses et surtout peu importantes. L'appendice ne contient pas l'analyse de tous les travaux, parce que, pour quelques-uns, ce qui en a été dit dans l'ouvrage est suffisant, et que, pour d'autres, en très petit nombre, je n'ai pu me procurer les textes originaux. D'ailleurs, aucun de ces derniers ne paraît posséder un grand intérêt.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1	384-322 Av. J.-C.	**Aristote**, *Hist. an.* lib. VIII, cap. XVII.
2	23-79	**Pline**, *Hist. mundi.*
3	1551	**Gessner C.**, *Hist. an.* (de quadrup. vivip.), I, p. 802, Zurich, et éd. de Francfort, 1603, I, p. 368 et 743.
4	1727	**Schreuczer**, J. J. of Zurich, The Anatomy of the mus alpinus or marmot. *(Phil. trans.*, n° 397, p. 237 et *Phil. trans. abridg.*, VII, p. 452.)
5	1735	**Asp Math.**, *Diss. animalia quædam ex hiberno sapore circa ver evigilantia :* Resp. Christ, P. Onmberg Upsaliæ, VIII (18 pages).
6	1749	**Buffon.** *Hist. nat.*, XVI et XVII.
	1752	**Bergen C. A.**, *Disputatio de animalibus hieme sopitis Resp. :* Franc. Heyn. Francofurti ad Viadz., IV (24 pages).
7	1760	**Daubenton**, V. Marmotte, in *hist. nat. gen.*, VIII, p. 228 et suiv., et Hamster, in *suppl. à l'hist. nat.*, III, p. 184, et 1776, XIII, p. 125.
8	1760	**Haller (de)**, *Elem. phys.*, p. 29, d'après Schrader, Tachard, Lister, Robinson, Lancisi (v. historique).
9	1763	**Richardson J.**, Abhandlung von dem Murmelthieren in *(Hamburg Magaz.*, XXVI, p. 419-431).
10	1774	**Sulzer Br. G.**, *Versuch einer Naturgesichte des Hamster*, Göttigen, in-8, et Observation sur le Rat de blés. *(Gaz. litt.*, 13 septembre.)

11	1775	**Hunter J.**, v. G. Richelot, 1838-1842.
12	1778	**Dubois J. B.**, Observations sur le Bobac de Pologne et histoire de ce quadrupède (Arctomys bobac). *(Hist. et mém. Acad. Berlin*, p. 57-66.)
13	1778	**Pallas P.**, *Novæ species quad. e Glinium ord. et nov. comment.*
14	1781	**Pallas P.**, Abänderungen des Bobak oder Russichen Murmelthieres (Arctomys bobac). *(Neue Nord Beiträge,* Bd. II, p. 343-344.)
15	1787	**Spallanzani**, *Opusc. d. phys. anim. et veget.*, I, p. 108, Trad. de Sénebier, Genève.
16	1787	**Blumenbach J. F.**, Specimen physiologiæ comparatæ inter animalia calidi et frigidi sanguinis. *(Commentatt. Soc. reg. scient. Götting.*, VIII, comm. phys., 69-100.)
17	1789	**Blumenbach J. F.**, Specimen physiologiæ comparatæ inter animalia calidi sanguinis vivipara et ovipara. *(Commentatt. Soc. reg. scient. Götting.*, IX, comm. phys., p. 108-128.)
18	1789	**Girtanner**, *Häpfner's Magaz. fed. naturk. Helvet.*, IV, p. 374-381.
19	1794	**Fabricius J.**, Einige Bemerkungen über den Winterschlaf in Lichtenberg. *(Voigt's magaz.*, IX, 4, p. 79-81.)
20	1799	**Fabricius J.**, Observations on the Winter sleep of animals and plants. *(Phil. mag.*, III, p. 156-157.)
21	1802-22	**Tréviranus**, *Biologie*, V, p. 265 et 275, Göttingen.
22	1803	**Reeve H.**, *De animalibus hieme sopitis*, Edinburgi.
23	1805	**Carlisle A.**, On muscular motion *(Phil. trans.*, p. 17).
24	1807	**Mangili G.**, *Saggio d'osservazioni per servire alla storia dei mammiferi soggeti a periodico lethargo,* Milano et mém. sur la léthargie des Marmottes. *(Ann. du Muséum*, p. 434-465.)
25	1808	**Saissy J. A.**, *Recherches expérimentales et anatomiques sur les Mammifères hybernants*, Paris et Lyon, et (1815) Ubersetz v. D. Nass. *(Arch. f. d. phys.*, Halle, 293-369.)
26	1808	**Tiedemann F.**, Ueber das Murmelthiere (mit 1 Tafel). *(Neujahrstüch d. Zurch. naturf. Geselsch.)* (8 pages).
27	1809	**Mangili G.**, *Versuch. uber den Winterschlaf der Thiere:* Uebersetzt und mit Anmerkungen begleitet von O. U. von Salis. In Dessen u. d. b. Heimuller's Alpina, IV, p. 36-51.
28	1809	**Reeve H.**, *An essay on the torpidity of animals*, London.

29	1810	**Barton B.**, On the Torpidity of animals. *(Philos. Magaz.*, XXXV.)
30	1811	**Prunelle**, Recherches sur les phénomènes et les causes du sommeil hivernal de quelques Mammifères. *(Ann. du Muséum*, XVIII, p. 20 à 56 et ibid., 302-321.)
31	1811	**Saissy J. A.**, Observations sur quelques Mammifères hibernants. *(Mém. Acad. de Turin*, p. 1-24.)
32	1814	**Tothergill A.**, Observations on the influence of habit in accomodating animal and vegetable life of diversity of climate and temperature; on torpidity vital suspension, and reviviscence, as exemplified in the phenomenæ of hivernating animals, etc. *(Ann. M. et phil. Reg.* NY, III, p. 17-28.)
33	1815	**Tiedemann F.**, Bemerkungen uber die Thymus Drüse der Murmelthieres. *(Meckel's Arch. f. d. phys.*, I, p. 481) (v. Ehrmann).
34	1815	**Saissy J. A.**, *Reil u. Autenrieth's Arch. f. phys.*, XII, p. 293-369.
35	1817	**Saissy J. A.**, *Meckel's Deutsch. Arch. f. phys.*, III, p. 131-136.
36	1817	**Jacobson**, Ueber die Thymus der Winterschläfer. *(Meckel's Archiv.*, III, p. 151, Halle.)
37	1824	**Edwards W. F.**, *De l'influence des agents physiques sur la vie,* Paris.
38	1825	**Lea Isaac,** On hybernation *(Sillim. Amer. Journ.*, IX, p. 75-84); Sur l'hivernage ou l'hibernation des animaux. *(Ferruss. Bull. sc. nat.*, V, p. 359-361.)
39	1825	**Sabine J.**, Account of the Marmots of north America hitherto known. *(Trans. linn. Soc. London*, XIII, p. 579-591, et *Isis*, 1825, p. 1330-1335.)
40	1826	**Murray J.**, On the torpidity of the Tortoise and the dormouse. *(Edimb. Journ. of Science,* IV, p. 317-322.)
41	1826	**Otto Ad. J.**, De animalium quorumdam, per hiemen dormientium, vasis cephalis et aure interna *(Nova acta phys. med. Acad. nat. curios. Bonnæ,* XIII, p. I; et *Ann. sc. nat.*, XI, p. 267-270, et 1827), Ueber den Blutlauf der Winterschläfer *(Isis*, p. 385-386).
42	1827	**Pastré T.**, Exposé succinct des opinions émises jusqu'ici sur la cause de l'engourdissement périodique qu'éprouvent les animaux appelés hibernants. *(Mém. de la Soc. linn. de Paris*, VI, p. 121-138.)

43	1828	**Berger J. F.**, Expériences et remarques sur quelques animaux qui s'engourdissent pendant la saison froide. *(Mém. du Muséum,* IV.)
44	1829	**Berger J. F.**, Beobachtungen und Bemerkungen uber einige Thiere welche einem Winterschlaf halten. *(Fror. not.,* XXII, n° 476, p. 209-216; n° 477, p. 225-234; Beilage n° 477, p. 1-8).
45	1829	**Lacépède**, *Œuvres complètes de Buffon*, XIII, p. 260.
46	1829	**Flourens P.**, De l'hibernation et de l'action du froid, en général, sur les animaux. *(Ferruss. bull. Sc. nat.*, XVIII, p. 104-107.)
47	1829	**Pastré T.**, De la cause de l'hibernation chez les animaux dormeurs. *(Nova acta, Acad. Leop. Carol, nat. cur.*, XIV, p. 659-669.)
48	1830	**Desjardins**, Note sur le Tanrec (Ann. des Sc. nat., XX, p. 179, première série; et Observations sur un Loir nourri en captivité; Ann. des Sc. nat., XX, deuxième série, p. 249, 1843).
49	1832	**Hall. Marchall**, On hibernation : *Phil. Trans.*, p. 335-360.
50	1832	**Palmer**, *Phil. Trans.* et traduct. des Œuvres de Hunter V. Richelot.
51	1834	**Fr. Jahn**, Die Aehnligkeit der Cholera mit der Winterers-tarrung der Organismen. *(Casper's Wochenschrift für die gesammte Arzneikunde,* Berlin.)
52	1834	**Czermak J. J.**, Beobachtungen über den Winterschlaf der Liebenschläfers (myoxus glis) *med. Jahr. d. k. k. äster States Wien*, XV, p. 277-288).
53	1834	**Lea Isaac**, Uber den Winterschlaf *(Fror. not.*, XXXIX, n° 847, p. 161-168).
54	1834	**Woodruff S.**, Ueber den Winterschlaf. *(Fror. not.*, XXIX, n° 849, p. 193-197.)
55	1834	**Tiedemann F.**, Anatomische Beschreibung des Murmelthier Auges (mit Abbild.). *(Ann. Wetter f. d. ges. Naturkunde*, III, p. 345-348.)
56	1836	**Hall Marshall**, Ueber Winterschlaf *(Isis*, 596-599).
57	1837	**Berthold A. A.**, Einige Beobachtungen über den Winterschlaf. der Thiere, *Arch. f. anat. phys. u. Wissensch. med.*, p. 63-68, Berlin. *(Muller's Archiv.)*
58	1838	**Hall Marshall**, Article Hibernation in Todd's Cyclop. of. anatom., II, p. 764-776.

59	1838-42	**Richelot A. A.**, Traduction des œuvres complètes de Hunter sur l'édition du Dr J. F. Palmer, 4 v. in 8.
60	1838	**Dugès**, *Physiol. comp.*, I, 468.
61	1839	**Gmelin**, *Ueber den Winterschlaf* : Eine Inaugural-Dissertation unter dem Präsid. von F. G. Gmelin, Tübingen.
62	1841	**Hodgson B. H.**, Notice of the Marmot of the Himalaya and of Thibet (Arctomys himalayanus) (With one table) *(Journal of the As. soc. of. Bengal*, X, deuxième partie p. 777-778.)
63	1843	**Desjardins** (v. 1830).
64	1844	**Lortet**, Observations sur le sommeil léthargique du Muscardin (Myoxus muscardinus de Gmelin) *Ann. d. Sc. phys. et nat. d'agric. et d'indust. de la Soc. d'agric. de Lyon*, VII, p. 154-166 et 430.
65	1845	**Simon J.**, *A philosophical essay on the thymus gland*, London (v. Ehrmann).
66	1845	**Barkow H. C. L.**, *Der Winterschlaf nach seinen Ercheinnunge in Thierreich Dargestellt*, Breslau.
67	1846	**Tiedemann F.**, *L'hibernation*, Berlin, VIII, p. 388.
68	1847-8	**Browne P. A.**, *An attempt to discover some of the laws which govern animal torpidity and hibernation*, Philadelphia.
69	1848	**Coquerel**, Note sur les habitudes des Tanrecs *(Rev. zool.*, p. 33).
70	1848	**Annan R.**, Respiration in animals that hibernat., curious faict relative to a bat. *(Med. Times*, London, XIX, p. 95.)
71	1849	**Regnault et Reiset**, Recherches chimiques sur la respiration des animaux. *(Ann. de chim. et de phys.*, troisième série, XXVI, p. 429 et suiv.)
72	1849	**Sacc**, Cité par Regnault et Reiset : V. 1858.
73	1851	**Elditt H. F.**, Der Winterschlaf der Thiere. *(Königsberg Naturwiss. Unterhalt*, II, helft 2, p. 28-59.)
74	1851	**Brown Séquard**, *On the cause of the torpidity of the Tanrec :* Experimental researches applied to physiology and pathology, p. 25, New-York.
75	1855	**Claude Bernard**, *Œuvres*, I, p. 140 et suiv.
76	1857	**Leydig**, *Histologie de l'homme et des animaux.*
77	1857	**Milne Edwards**, *Leçons d'anatomie et de physiologie comparées*, II, p. 490 et 519.

78 | 1857 | **Claude Bernard,** *Œuvres*, III, p. 113.

79 | 1857 | **Valentin,** *In* Moleschott : *Untersuchungen zur Naturlehre der Menschen und der Thiere — Beitrage zur Kenntniss des Winterschlâfes der Murmelthiere.* Mémoire I, § 1 *Allgemeine Verhâltniss;* § 2 *Aenderung der Körpergewicht während des Winterschlafes :* I, fasc. I, p. 206-258. — Mémoire II, § 3 *Wechsel der Organe während des Winterchlafes;* § 4, *Gewichtsänderung der Theile im laufe der Erstarungzeit :* II, fasc. 1, p. 1-55.— Mémoire III : § 5, *Wärmeverhältniss*, II, fasc. 2, p. 222-246. — Mémoire IV, § 6, *Lungen and Hauthausdünstung,* II, fasc. 3, p. 285-314. — Mémoire V, § 7, *merkliche Ausgaben ;* § 8, *Kohl;* § 9 *Harn;* § 10, *Galle und Leberzücker,* III, fasc. 2, p. 195-229.

80 | 1857 | **Radde G.**, Ueber Arctomys Bobac, dessen Winterschlaf u. Temperatur seine baue. *(Bull. phys. math. Acad. St-Pétersb.*, XV, p. 317-318.)

81 | 1858 | **Radde G.**, Mélanges biologiques, II, 6, p. 572-574.

82 | 1858 | **Sacc,** Notice sur la Marmotte des Alpes. *(Revue et magaz. de zool.*, X, deuxième série, Paris.)

83 | 1858 | **Valentin,** Mémoire VI, § 11, *Statik der Ernährungs erscheinungen*, p. 58-83 ; § 12, *Wechsel der Ernährung mit des Tiefe Winterschlâfes*, IV, fasc. 1.

84 | 1858 | **Valentin,** *On the torpidity of the Marmot* : Ann. of. nat. hist., troisième série, II, p. 83.

85 | 1859 | **Valentin,** Mémoire VII, § 13, *Wilkürliche Aenderüng der Kôrpergewichtes;* § 14, *Aufnahme von stoffen,* p. 11-64, fasc. 1, V. — Mémoire VIII, § 15, *Ernâhrungs verhanderungen der Gewebe während des Winterschläfes ;* § 16 *Wiedererzeùgùng*, V, fasc. 3, p. 259-277.

86 | 1859 | **Milne Edwards,** *Leçons*, IV, p. 585.

87 | 1859 | **Claude Bernard,** VI, p. 256-287.

88 | 1860 | **Valentin,** Mémoire IX, § 17, *Herzschlag und Atmenbewegung ;* § 18, *Arterieller Blutdruck :* p. 39-69, fasc. I, VII.

89 | 1862 | **Valentin,** Mémoire X, § 19 *Blutdruck; Laufes des Blutes in den feineren Gefässen*; *Art der Herzbewegung; Schnelligkeit des Kreislaufes;* § 20, *Verdaungssäfte;* § 21, *Flimmerbewegung ; Muskelreizbarkeit*, *muskel und nerven Strom*, VIII, fasc. 2, p. 121-155.

90	1863	**Hirzel** et **Frey**, *R. d. sc. zool.*, p. 93 (Glande hibernale).
91	1865	**Valentin**, Mémoire XI, § 22, *Einige Eigenthümlichekeiten des Blutes;* § 23, *Vagusreizung, und Vagus Trennung*, IX. fasc. 2, p. 129-151. — Mémoire XII, § 24 *Thermo-electrische Beobächtungen*, IX, fasc. 3, p. 227-248. Mémoires XIII, § 25, *Einige Verhältnisse des Centralen Nervensystem*, IX, fasc. 6, p. 632-648.
92	1865	**Claude Bernard**, *Leçons,* VIII, p. 213.
93	1865	**Milne Edwards**, *Leçons*, VIII, p. 59-92.
94	1866	**Legros**, *Phénomènes de réintégration chez le Loir.* V. P. Bert, *Recherches expérimentales pour servir à l'histoire de la vitalité propre des tissus animaux*, Paris.
95	1866	**Serbelloni P.**, Ricerche anatomiche, fisiche et fisiologiche sulle Marmotte, onde fatte espressamente, rendere ragione delle cause determinanti nei Mammiferi ibernanti la lethargia vernale. *(Atti Accad. fis. med. statist. di Milano*, 1886, XXII, 86-110.)
96	1868	**Paul Bert**, Hibernation artificielle des Lérots dans une atmosphère lentement appauvrie en oxygène *(C. R. Soc. biol.).* et Hibernation provoquée par la désoxygénation de l'air *(Leçons sur la physiologie comparée de la respiration*, Paris, 1870.)
97	1868	**Tschudi J. J.**, *Du règne animal du monde alpestre*, Leipzig.
98	1870	**Valentin**, Mémoire XIV, § 26, *Lichtigkeitsanderung der Muskelmâsse während der Zusammenziehung*, p. 265-279, X, fasc. 3. — Mémoire XV, § 27, *Fortplanzüngsgeschwindigkeit der Nervenerregung*, p. 526 578, X, fasc. 5. — Mémoire XVI, § 28, *Atmungs curven*, X, fasc. 6, p. 590-615. — Mémoire XVII, § 29, *Einige Vergiftüngsweikungen*, X, fasc. 3, p. 616-633. — Mémoire XVIII, § 30 *Muskelcurven*, X, fasc. 6, p. 634-648.
99	1871	**Fleischel**, *Sur quelques glandes sans conduit excréteur (glande hibernale)*, cité par Ehrmann.
100	1872	**Horwath A.**, Zur Lehre vom Winterschlaf, *Centralb. f. d. med. Wiss.*, p. 45-47, 55.
101	1872	**Claude Bernard**, *Leçons*, IX, p. 45.
102	1874	**Aeby C.**, Uber den einfluss des Winterschlafes auf die Zusamensetzung der Verschiedenen Organe des Tierkörpers. *(Arch. f. exper. path. u. pharm.*, Leipzig, III, p. 180-184.)

103	1875	**Claude Bernard**, *Leçons* XII, p. 324-325.
104	1876	**Valentin**, Mémoire XIX, § 31, *Einfluss der Tetanisation auf die electromotrischen Eigenschaften der Nerven und der Muskeln*, XI, p. 149-168. — Mémoire XX, § 32, *Einfluss der Bestandiges Stromes auf die Nervenwirkungen*, XI, p. 169-181. — Mémoire XXI, § 33, *Einiges über den Herzschlag : Interferenz der Nervenerregungen*, XI, p. 392-402. — Mémoire XXII, § 34, *Untersuchung des Auges*, XI, p. 450-454. Mémoire XXIII, § 35 *Aenderung der electromotrischen Eigenschaflen der Sinnes Nerven durch die ihren entsprehender eigenthümlichen Erregungsarten*, XI. p. 602-627.
105	1876	**Claude Bernard**, *Leçons*, XIII, p. 14, 367, 397.
106	1877	**Claude Bernard**, *Leçons*, XIV, p. 364.
107	1877	**Afanassief**, *Arch. f. anat. microsc.*
108	1878	**Carl Voit**, *Zeitsch. f. biol.*, p. 57.
109	1878	**Claude Bernard**, XV, p. 36, 96 et XVII, p. 93, 103, 110.
110	1879	**Horwath A.**, Betrage z. Lehre u. d. Winters. (*Verhand der phys. med. Gesselch.*, Wurzburg, XII, p. 139 et 1879, XIII, p. 60.)
111	1880	**Horwath A.**, *Ueber die Respir. der Wintersch. als Betrachte zur Lehre vom tierischen Warme*, XIX, p. 55-120.
112	1881	**Horwath A.**, *Einfluss versch. Temper. auf die Winterschl.*, ibid., XV, p. 187-219.
113	1881	**Valentin**, Mémoire XXIV, § 36, *Das Netzhautroth*, XII, p. 31-75. — Mémoire XXV, § 37, *Einige Versuche an Nerven und Muskeln*, XII, p. 239-250. — Mémoire XXVI, § 38, *Warmeverhältnisse*. XII, p. 466-472.
114	1883	**Ehrmann**, Uber Fettgewebebildung. (*Wien Akad. u. wis. math. nat. Cl.*, 87, Bd. 3 abth.)
115	1887	**Delsaux**, *Étude sur la respiration des Chauves-Souris pendant leur sommeil hibernal*, Gand.
116	1887	**Vierordt**, *Grundriss der physiologie des Menschen*, p. 9, s. auflage, Tubingen ; et, Neue Methode der quantitat. microsk. Anal. des Blutes (*Arch. f. phys. Heilk.*, 1852) ; et Notize uber die Zeilung des Blute Köperschen (*Zeitschrift f. rat. med.*, XXXI, p. 863).
117	1888	**Valentin**, Mémoire XXVII, § 39, *Brechungsverhältnisse*, XIII, p. 34-39.

118	1888	**Alexandre R.**, Hibernation humaine *(Rev. scient.,* sér. 3, huitième année, deuxième sem., XLII, p. 738).
119	1888	**Raphaël Dubois**, Sur le mécanisme respiratoire chez la Marmotte pendant le sommeil hibernal et pendant le sommeil anesthésique. *(C. R. de la Soc. de biol.* n° 40.)
120	1888	**Raphaël Dubois**, Contribution à l'étude physiologique de l'hivernation. *(C. R. de la Soc. de biol.*, I, sér. 9, p. 205.)
121	1888	**Raphaël Dubois**, Le sommeil hibernal est-il le résultat d'une auto-intoxication physiologique? *(C. R. de la Soc. biol.* I, sér. 9, p. 260.)
122	1889	**Raphaël Dubois**, De la ventilation pulmonaire chez les hibernants. *(C. R. de la Soc. de biol.*, I, sér. 9, p. 280.)
123	1889	**Raphaël Dubois**, Sur le mécanisme du réveil chez les animaux hibernants. *(C. R.*, CIX, n° 22, p. 820.)
124	1889	**Richet Ch.**, Inanition. *(Rev. Sc.*, XLIII, p 714 et ibid., n° 21 ; et, *Chaleur animale*, Paris.
125	1891	**Ballowitz**, *Sur la présence de cellules granulées d'Ehrlich (mastzellen des cellules grasses) chez les Mammifères en état de léthargie, pendant l'hiver.*
126	1892	**Marès** (de Prague), Hivernation des mammifères. *(C. R de la Soc. de biol.* sér. IX, T. IV.)
127	1893	**Raphaël Dubois**, De l'influence du système nerveux central sur le mécanisme de la calorification chez les Mammifères hibernants. *(Soc. de biol.*, 11 février.)
128	1893	**Raphaël Dubois**, Sur la physiologie comparée de la thermogenèse *(Soc. de biol.*, 18 février).
129	1893	**Raphaël Dubois**, Sur l'influence comparée de la section de la moelle et de sa destruction sur la calorification chez le Lapin ; et sur le réchauffement automatique de la Marmotte dans ses rapports avec le tonus musculaire *(Soc. de biol.*, 25 février).
130	1893	**Raphaël Dubois**, Sur le mécanisme de la thermogenèse chez les hivernants. *(Congrès pour l'avancement des Sciences, Besançon.)*
131	1893	**Raphaël Dubois**, Influence du foie sur le réchauffement automatique de la Marmotte. *(Soc. de biol.*, 4 mars.)
132	1894	**Raphaël Dubois**, Sur le mécanisme de la thermogenèse, et principalement sur le rôle de la veine porte. *(Soc. de biol.*, 20 janvier.)

133	1894	**Raphaël Dubois,** De l'influence de l'eau contenue dans l'organisme de l'hivernant sur les phénomènes de la thermogenèse. *(Soc. de biol.*, 27 janvier.)
134	1894	**Raphaël Dubois,** Sur l'influence du système nerveux central sur le mécanisme de la calorification chez les Mammifères hibernants. *(Soc. de biol.*, 11 février).
135	1894	**Raphaël Dubois,** Sur la physiologie comparée de la thermogénèse. *(Soc. de biol.*, 18 février.)
136	1894	**Raphaël Dubois,** Sur le frisson musculaire chez l'hivernant qui se réchauffe automatiquement. *(Soc. de biol.*, 10 février.)
137	1894	**Raphaël Dubois,** Sur l'influence du système nerveux abdominal et des muscles thoraciques sur le réchauffement de la Marmotte.*(Soc. de biol.*, 24 février.)
138	1894	**Raphaël Dubois,** Variations du glycogène du foie,du sucre du sang et du foie dans l'état de veille et dans l'état de torpeur chez la Marmotte et de l'influence des nerfs pneumogastriques et sympathiques sur le sucre du foie et du sang pendant le passage de la torpeur à l'état de veille.*(Soc. de biol.*, 10 mars.)
139	1894	**Raphaël Dubois,** Variations des gaz du sang chez la Marmotte pendant l'hivernation, en état de veille et en état de torpeur. *(Soc. de biol.*, 22 décembre.)
140	1894	**Raphaël Dubois,** Sur l'influence des centres nerveux sur la thermogénèse. *(Soc. de biol.*, 8 décembre.)
141	1895	**Raphaël Dubois,** Autonarcose carbonico-acétonémique ou sommeil hivernal de la Marmotte *(C. R.).*
142	1895	**Raphaël Dubois,** Autonarcose carbonico-acétonémique ou sommeil hivernal de la Marmotte. *(Soc. de biol.*, 3 mars)
143	1895	**Raphaël Dubois,** Influence du cerveau moyen sur le glycogène, chez l'hivernant, *congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, Bordeaux, août.*
144	1895	**Raphaël Dubois,** à propos d'une objection de M. Léo de Errera, de Bruxelles, à ma théorie du sommeil par autonarcose carbonique *(Soc. de biol.*, 14 décembre).
145	1895	**Raphaël Dubois,** Sur le mécanisme de l'autonarcose carbonique *(Soc. de biol.*, 21 décembre).

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 1

PREMIÈRE PARTIE

Chapitre premier — Généralités sur les Mammifères hivernants. . . 5

DEUXIÈME PARTIE

Chapitre II. — Hivernation en captivité. — Phases de sommeil et de réveil. — Alimentation. — Digestion. — Absorption. — Circulation sanguine et lymphatique. 24

Chapitre III. — Mouvements cardiaques et respiratoires dans le sommeil, le réveil et la veille. 46

Chapitre IV. — Ventilation pulmonaire et échanges respiratoires. . . 65

Chapitre V. — Variations de la composition du sang dans la veille et le sommeil. 74

Chapitre VI. — Réserves physiologiques. — Glycogénie. — Sucre. — Graisses. — Substance collogène. — Leurs modifications dans la veille et le sommeil. 91

Chapitre VII. — Excrétions. — Urine. — Excréments. — Bile. — Eau. — Acide carbonique. — Pertes de poids pendant l'hivernation. . . 103

Chapitre VIII. — Calorimétrie. 113

Chapitre IX. — Température estivale et hivernale de la Marmotte en état de veille — Température pendant le sommeil et aux divers moments du réveil. — Température des diverses parties du corps pendant le réchauffement automatique du réveil 119

TROISIÈME PARTIE

Chapitre X. — Causes externes modificatrices de la température des Marmottes : action du froid, de la chaleur, de l'immobilisation, du vernissage, des altérations de la surface cutanée et de la surface pulmonaire, de l'état hygrométrique, de la pression barométrique . . 126

QUATRIÈME PARTIE

Chapitre XI. — Du rôle du cerveau dans la thermogenèse, le sommeil et la veille. 152

Chapitre XII. — Recherches expérimentales sur le rôle de la moelle, dans la calorification, la veille et le sommeil. 177

Chapitre XIII. — Du rôle des ganglions nerveux et des nerfs dans la thermogenèse. 196

Chapitre XIV. — Recherches expérimentales sur la circulation dans ses rapports avec la calorification générale. 215

Chapitre XV. — Recherche de l'influence de divers organes sur la calorification. 221

Chapitre XVI. — Influence de certaines modifications de la circulation sanguine et de divers produits normaux introduits dans la circulation sur la thermogenèse. 229

Chapitre XVII. — Influence de l'introduction de certaines substances toxiques dans la circulation sur les phénomènes de thermogenèse, de veille et de sommeil. 238

Chapitre XVIII. — Narcose et autonarcose carbonique. — Conclusions générales relatives à la théorie du sommeil naturel. 246

Chapitre XIX. — Conclusions générales relatives à la thermogenèse. . 257

Appendice : *Documents historiques et bibliographiques* I

Index bibliographique LIX

10 OCT. 96

ERRATUM

Page 8, ligne 29 : *au lieu de* près des intempéries, *lire* contre les intempéries.

Page 65, ligne 1 : *au lieu de* figure 1, *lire* figure 40.

Page 67, ligne 2 : *au lieu de* figure 2, *lire* figure 41.

Page XI (appendice) lignes 6 et 7 : *au lieu de* en été, *lire* en hiver.

Page XXI, ligne 21 : *au lieu de* inanimé, *lire* inanié.

10 OCT. 96

Lyon. — Imp. PITRAT AINÉ, A. REY Succ., 4, rue Gentil. — 11936

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

VOLUMES PARUS AU Ier JUIN 1896

La doctrine de Malherbe d'après son commentaire sur Desportes, par Ferdinand Brunot, docteur ès lettres, ancien élève de l'Ecole normale supérieure, chargé d'un Cours complémentaire à la Faculté des Lettres, lauréat de l'Académie française, avec 5 planches hors texte. . . . . 10 fr.

Recherches anatomiques et expérimentales sur la métamorphose des Amphibiens anoures, par E. Bataillon, préparateur de Zoologie à la Faculté des Sciences, avec 6 pl. hors texte. 4 fr.

Anatomie et Physiologie comparées de la Pholade dactyle. Structure, locomotion, tact, olfaction, gustation, action dermatoptique, photogénie, avec une théorie générale des sensations, par le Dr Raphaël Dubois, professeur de Physiologie générale et comparée à la Faculté, avec 68 figures dans le texte et 15 planches hors texte . . . . . 18 fr.

Sur le pneumogastrique des oiseaux, par E. Couvreur, docteur ès sciences, chef des travaux de physiologie à la Faculté des sciences, avec 3 planches hors texte et graphiques dans le texte. . . . 4 fr.

Recherches sur la valeur morphologique des appendices superstaminaux de la fleur des Aristoloches, par Mlle A. Mayoux, élève de la Faculté des Sciences, avec 3 planches hors texte. . . . 4 fr.

Sur la théorie des équations différentielles du premier ordre et du premier degré, par Léon Autonne, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Docteur ès sciences mathématiques . . . . . 9 fr.

Recherches sur l'équation personnelle dans les observations astronomiques de passages, par F. Gonnessiat, Aide-Astronome à l'Observatoire, chargé d'un Cours complémentaire d'Astronomie à la Faculté des Sciences . . . . . 5 fr.

Lettres intimes de J.-M. Alberoni adressées au comte I. Rocca, ministre des finances du duc de Parme, et publiées d'après le manuscrit du collège de S. Lazaro Alberoni, par Emile Bourgeois, professeur à la Faculté des Lettres, avec un portrait et deux fac-similé. . 10 fr.

Le Fondateur de Lyon, Histoire de L. Munatius Plancus, par M. Jullien, professeur-adjoint à la Faculté des Lettres, avec 1 planche hors texte . . . . 5 fr.

Etude stratigraphique sur le Jurassique inférieur du Jura méridional. par Attale Riche, docteur ès sciences, avec planches hors texte. . . . . 12 fr.

Etude expérimentale sur les propriétés attribuées à la tuberculine de M. Koch, faite au laboratoire de médecine expérimentale et comparée de la Faculté de Lyon, par M. le professeur Arloing, M. le Dr Rodet, agrégé, et M. le Dr Courmont, avec planches en couleurs. 10 fr.

Histologie comparée des Ebénacées dans ses rapports avec la Morphologie et l'histoire généalogique de ces plantes, par Paul Parmentier, professeur de l'Université, avec 4 pl. hors texte. 4 fr.

Recherches sur la production et la localisation du Tannin chez les fruits comestibles fournis par la famille des Pomacées, par Mlle A. Mayoux, élève de la Faculté des Sciences de Lyon, avec 2 planches . . . . . 3 fr.

Essai critique sur l'hypothèse des atomes dans la science contemporaine, par Arthur Hannequin, chargé d'un Cours complémentaire de philosophie à la Faculté des lettres de Lyon. . 7 fr. 50

Saint Ambroise et la morale chrétienne au IVe siècle, par Raymond Thamin, ancien élève de l'Ecole normale supérieure, ancien maître de conférences à la Faculté des lettres de Lyon, professeur de philosophie au lycée Condorcet. 7 fr. 50

Etude sur le Bilharzia hæmatobia et la Bilharziose, par M. Lortet, doyen de la Faculté de médecine de Lyon, et Vialleton, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon, avec planches et figures dans le texte. . . . . 10 fr.

Recherches sur quelques dérivés surchlorés du phénol et du benzène, par Etienne Barral, docteur en médecine, pharmacien de 1re classe, chargé des fonctions d'agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. . . . . 5 fr.

Phonétique historique et comparée du sanscrit et du zend, par Paul Regnaud, professeur de sanscrit et de grammaire comparée à la Faculté des lettres de Lyon . . . . . 5 fr.

La République des Provinces-Unies, la France et les Pays-Bas espagnols de 1630 à 1650, par A. Waddington, professeur-adjoint à la Faculté des lettres de Lyon. Tome I (1630-42.) . . . 6 fr.

Sur la représentation des courbes gauches algébriques, par Léon Autonne, ingénieur des ponts et chaussées, maître de conférences à la Faculté des Sciences de Lyon . . . . . 3 fr.

Histoire de la Compensation en droit Romain, par C. Appleton, professeur à la Faculté de Lyon . . . . . 7 fr. 50

La Jeunesse de William Wordsworth (1770-1798). **Etude sur le « Prélude »**, par Emile Legouis, maître de conférences à la Faculté des Lettres de Lyon. 7 fr. 50

La Botanique à Lyon avant la Révolution et l'histoire du Jardin Botanique municipal de cette ville, par M. Gérard, professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, avec figures dans le texte. 3 fr. 50

L'Évolution d'un Mythe. Açvins et Dioscures, par Ch. Renel, docteur ès lettres.

Paris. — Imprimerie L. Maretheux, 1, rue Cassette. — 7964.

16